



O Sector Empresarial Local:

**Uma Análise do Ponto de Vista da Eficiência Aplicada ao Sector de Distribuição de
Água**

Por: Gonçalo Leal Teles de Meneses

Dissertação de Mestrado em Economia e Gestão das Cidades

Orientada por:

Professor Doutor José da Silva Costa

Nota biográfica

Gonçalo Leal Teles de Meneses nasceu no Porto, freguesia de Massarelos em 1988. Licenciou-se em Economia na Universidade Lusíada do Porto em 2010.

No mesmo ano ingressou no Mestrado de Economia e Gestão das Cidades da Faculdade de Economia da Universidade do Porto, onde concluiu em 2012 a parte escolar conciliando a vida pessoal, académica e profissional.

No âmbito profissional iniciou o seu percurso em 2010, na Finicrédito – Instituição Financeira de Crédito, SA, cooperou em 2011 com o Banco Central da Republica Portuguesa e, no ano seguinte, ingressou o Banco Santander Totta, SA. Atualmente, ocupa o cargo de técnico de software de gestão na empresa Sage Portugal, SA.

Agradecimentos

Com a elaboração desta dissertação termina mais uma etapa da minha formação académica. Não a teria conseguido levar a bom termo sem a ajuda de um conjunto de pessoas às quais devo agradecer.

Ao Professor Doutor José da Silva Costa, por todo o apoio, pela sua disponibilidade, pela exigência, pelos conhecimentos e orientações fornecidas ao longo do último ano para a conclusão desta dissertação.

À minha família que sempre me apoiou em cada tomada de decisão a nível pessoal, académico e profissional.

A todos os meus colegas de mestrado com os quais partilhei e desenvolvi diversos estudos nos últimos dois anos.

A todas as pessoas não citadas mas que de alguma forma deram o seu contributo para que esta nova etapa fosse finalizada com sucesso.

Resumo

No mercado atual cada vez mais competitivo, prestar um serviço de excelência e garantir o cumprimento das necessidades dos utentes torna-se uma necessidade estratégica do Sector Empresarial Local.

Ao longo dos últimos anos tem-se assistido a uma constante preocupação em torno dos serviços prestados pelas entidades do Sector Empresarial Local um pouco por todo o mundo, tendo a medição de desempenho um lugar de destaque para se alcançar a eficiência e eficácia dos processos empresariais e de cada entidade em particular.

A grande maioria das empresas adotam diversas metodologias para avaliar o seu desempenho, o que se torna difícil a integração dos vários resultados obtidos.

O presente estudo tem como objetivo a realização de um estudo de caso visando a aplicação da metodologia Data Envelopment Analysis ao Sector Empresarial Local do ponto de vista da eficiência, em particular no sector de distribuição de água. Para tal, foi realizado um estudo empírico que incidiu sobre as entidades cujo objeto social é a captação, tratamento e distribuição de água para consumo público. Foi utilizado o software informático SIAD como suporte à apresentação de resultados de eficiência.

O estudo inicia com uma revisão da literatura. Posteriormente, é feita uma análise de eficiência produtiva onde são apresentados modelos de análise de eficiência. O estudo finaliza com os resultados, as conclusões obtidas e as recomendações para trabalhos futuros.

Conclui-se que a utilização do Modelo Data Envelopment Analysis proposto releva o importante contributo que a metodologia DEA pode dar em termos de avaliação de eficiência do Sector Empresarial Local no sentido em que um largo conjunto de entidades opera com vista a um fim comum, a melhoria de qualidade de vida dos cidadãos. Mediante a identificação de Benchmarks será igualmente possível contribuir para a obtenção de resultados eficientes através da melhoria de desempenho das unidades menos eficientes.

Palavras-chave: Sector Empresarial Local, Metodologia de análise de eficiência, Data Envelopment Analysis, Benchmarking

Summary

In the current market increasingly competitive, deliver service excellence and ensure compliance with the requirements of users becomes a strategic necessity Local Business Sector.

Over the past few years, there has been a constant concern about the services provided by Local Business Sector entities all over the world, and the performance measurement a prominent place to achieve the efficiency and effectiveness of business processes and each particular entity.

The vast majority of companies adopt different methodologies to evaluate their performance, which makes it difficult to integrate the various results.

The present study aims to conduct a case study in order to application of Data Envelopment Analysis methodology to the local business sector from the point of view of efficiency, particularly in water distribution sector. To this end, we conducted an empirical study that focused on entities whose corporate propose is the collection, treatment and distribution of water for public consumption. We used the computer software SIAD to support the presentation of results of efficiency.

The study begins with a literature review. Subsequently, an analysis of productive efficiency which presents models of efficiency analysis. The study concludes with findings, conclusions and recommendations for future work.

We conclude that the use of Data Envelopment Analysis Model proposed highlights the important contribution that the DEA can give in terms of efficiency evaluation of Local Enterprises Sector in the sense that a large number of entities operating towards a common end, improving the quality of life of citizens. By measuring benchmarks will also be possible to contribute to the achievement of efficient outcomes by improving the performance of less efficient units.

Keywords: Local Business Sector, Efficiency Analysis Methodology, Data Envelopment Analysis, Benchmarking

Índice

Nota biográfica.....	i
Agradecimentos.....	iii
Resumo	iv
Abstract	vi
Índice de Figuras	x
Índice de Tabelas	xi
Índice de Anexos.....	xii
1. Introdução	1
1.1 Apresentação do tema	1
1.2 Entidades do Sector Empresarial Local	3
1.3 Relevância do tema	8
1.4 Motivação	10
1.5 Objetivo da dissertação	11
1.6 Contributo da dissertação	11
1.7 Organização da dissertação	12
2. Análise de eficiência produtiva	14
2.1 Medidas de eficiência.....	14
2.2 Eficiência Técnica.....	16
2.3 Eficiência de Afetação.....	17
2.4 Custo de Eficiência.....	19
2.5 Eficiência orientada inputs e orientada a outputs.....	25
2.6 Eficiência de Congestão.....	27
3. Metodologia de avaliação de desempenho empresarial.....	35
4. Metodologias de avaliação de eficiência.....	38
4.1 Modelo DEA.....	41

4.2 Modelos Clássicos da análise DEA.....	50
5. Estudo de caso do sector empresarial local.....	61
5.1. Modelo CCRin.....	64
5.2. Modelo CCRout.....	67
5.3. Análise Económico-Financeira.....	72
5.4. Comparação entre Modelos de aplicação.....	75
6. Conclusão, Limitações do estudo e Sugestões para investigações futuras	78
6.1 Conclusões.....	78
6.2 Limitação do estudo e Sugestões para investigações futuras	79
Bibliografia.....	81

Índice de Figuras

Figura1 - Eficiência Técnica mediante a função de produção.....	16
Figura 2 - Fronteira de Eficiência.....	21
Figura 3 – Economia de escala	22
Figura 4 - Eficiência de congestão	28
Figura 5 - Função de Produção	29
Figura 6 - Fronteira empírica de produção	30
Figura 7 - Fronteira Empírica de Produção	32
Figura 8 - Relação entre as várias dimensões associadas à produtividade	34
Figura 9 - Metodologias do cálculo de eficiência baseados em modelos de fronteira e de regressão	40
Figura 10 - Fronteira de Eficiência de Economias de Escala sob a análise dos Modelos Clássicos.....	51
Figura 11 - Input Oriented	58
Figura 12 – Output Oriented	59
Figura 13 – Processo do Modelo DEA	60

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resultados de Eficiência Técnica	20
Tabela 2 - Metodologias do cálculo de eficiência sob a forma de distribuições de probabilidade	38
Tabela 3 – Metodologias para o cálculo de eficiência	39
Tabela 4 - Caracterização dos Modelos DEA	48

Índice de Anexos

Anexo A.....	85
Anexo B.....	85
Anexo C.....	86
Anexo D.....	96
Anexo E.....	104
Anexo F.....	105

1. Introdução

A presente dissertação tem como objetivo analisar e discutir o Setor Empresarial Local (SEL) do ponto de vista da eficiência aplicado ao setor da distribuição de água. A recente entrada em vigor de uma nova lei que define o regime jurídico para o sector empresarial local (RJSEL), bem como a crescente vontade de alterar os modos de ação e gestão na adoção de novos modelos de gestão pública para a apresentação de elevadas vantagens e progressos em relação ao modelo burocrático que caracteriza o SEL e a administração pública tradicional, torna este tema pertinente e atual.

Associado a todas as conjunturas, interessa ainda incidir o estudo da dissertação em questões com relevância sobre as políticas públicas de desenvolvimento económico, social, ambiental e territorial por NUTS I e/ou NUTS II, relacionando os processos de desenvolvimento regional e/ou local, por forma a desenhar os modelos a seguir na malha do sector publico enquanto SEL.

O estudo da eficiência do SEL será feito recorrendo à metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA). Para o efeito será necessário contextualizar as empresas do setor na sua envolvente, bem como recolher informação diretamente das empresas.

descobrir

Na análise do Sector Empresarial Local, pretendemos também aprofundar o conhecimento das suas atividades, verificar empiricamente a eficiência de cada entidade, apresentar os pesos de cada input e output e aferir os benchmarks contribuindo para melhoria da atividade das entidades em estudo.

1.1 Apresentação do tema

O conceito de empresa municipal (EM), tendo em conta o estipulado no RJSEL, engloba três tipos de empresas: empresas municipais, empresas intermunicipais e as empresas metropolitanas, “doravante denominadas empresas”¹, o que manifesta uma

¹ Art. 2º da Lei nº 53-F/2006, de 29 de Dezembro do RJSEL

ruptura profunda com as modalidades previstas na antiga Lei n.º 58/98, de 18 de Agosto². A análise das principais linhas orientadoras do RJSEL, é parte integrante do presente estudo.

Existem diversas visões acerca da viabilidade das entidades do SEL.

Assim, este instrumento dos municípios deve ser usado com base em decisões refletidas e cuidadas. Desta forma, deve ser evidente que a criação das entidades do SEL contribui para acrescentar valor à sociedade. Segundo Nuno Cruz e Rui Marques (2011) devem ser promovidas estratégias de controlo da atividade municipal baseada na avaliação de desempenho, suportados por mecanismos que promovam qualidade, eficiência e eficácia. Só através destes meios se pode assentar a gestão local e regional nas entidades do SEL a par de uma importante responsabilidade no desenvolvimento e administração dos territórios.

O regime jurídico do sector empresarial local (SEL) encontra-se regulado pela Lei n.º 53-F/2006, de 29 de Dezembro, que entrou em vigor a 1 de Janeiro de 2007, com as alterações introduzidas pela Lei n.º 67-A/2007 de 31 de Dezembro, pela Lei n.º 64-A/2008, de 31 de Dezembro e pela Lei n.º 55/2011 de 15 de Novembro e, pelas demais normas do referido diploma, revogando a Lei n.º 58/98.

Após a Lei n.º 58/98 de 18 de Agosto, com entrada em vigor da Lei das Empresas Municipais, Intermunicipais e Regionais, ter sido aprovada foi visível o forte crescimento do número de empresas participadas de controlo não exclusivo das autarquias. Até à data existiam 10 empresas de âmbito municipal sendo que no momento da entrada em vigor da lei 53-F/2006 já haviam sido criadas 209 entidades de acordo com os dados disponibilizados pela DGAL.

² Ao abrigo do capítulo I do artigo 1º n.º 3 da Lei n.º 58/98, de 18 de Agosto eram considerados três tipos de empresas “a) Empresas públicas, aquelas em que os municípios, associações de municípios ou regiões administrativas detenham a totalidade do capital; b) Empresas de capitais públicos, aquelas em que os municípios, associações de municípios ou regiões administrativas detenham participação de capital em associação com outras entidades públicas; c) Empresas de capitais maioritariamente públicos, aquelas em que os municípios, associações de municípios ou regiões administrativas detenham a maioria do capital em associação com entidades privadas.”

1.2 Entidades do SEL

O SEL integra as empresas municipais (EM), intermunicipais (EIM) e metropolitanas (EMT)³, que assumem a forma de sociedades comerciais, pessoas coletivas de direito privado, ou de entidades empresariais locais, pessoas coletivas de direito público com natureza empresarial.

Segundo o Artigo 2º da Lein.º50/2012, de 31 de Agosto “A actividade empresarial local é desenvolvida pelos municípios, pelas associações de municípios ... e pelas áreas metropolitanas, através dos serviços municipalizados e das empresas locais.”

As sociedades comerciais são pessoas coletivas de direito privado constituídas nos termos da lei comercial na qual municípios, associações de municípios e áreas metropolitanas, exercem uma influência dominante em virtude de:

- Detenção da maioria do capital ou dos direitos de voto;
- Direito de designar ou destituir a maioria dos membros do órgão de administração ou de fiscalização;

Estas diferentes categorias do SEL concretizam um dualismo organizativo que incluem simultaneamente empresas sob influência dominante direta e sob influência indireta de municípios, associações de municípios, ou áreas metropolitanas do Lisboa e Porto.

Podem assumir a figura de sociedades anónimas ou sociedades por quotas⁴ e/ou unipessoais regidos pelo regime jurídico do SEL e pelos estatutos mediante o regime do sector empresarial do Estado e pelas normas aplicáveis às sociedades comerciais.

A sua capacidade jurídica abrange todos os direitos e obrigações necessários ou convenientes à prossecução do seu objeto. Têm autonomia administrativa, financeira e

³ Constituídas nos termos da Lei n.º 58/98 de 18 de Agosto, existentes à data da entrada em vigor da Lei n.º53-F/2006 de 29 de Dezembro as quais deveriam adequar os seus estatutos ao disposto no presente regime jurídico no prazo máximo de dois anos a contar da data da sua publicação (i.e., até Dezembro de 2008)

⁴ Entre as formas societárias previstas no Código das Sociedades Comerciais, nas sociedades que integram o Sector Empresarial Local, a responsabilidade dos municípios deve ser limitada.

patrimonial e estão sujeitas ao registo comercial nos termos gerais, com as necessárias adaptações.

A tutela económica e financeira das entidades empresariais locais é exercida pelas câmaras municipais, pelos conselhos diretivos das associações de municípios e pelas juntas metropolitanas, consoante os casos, sem prejuízo do respetivo poder de superintendência.

As entidades empresariais locais devem ser extintas quando a autarquia ou associação responsável pela constituição tiver de cumprir obrigações assumidas pelos órgãos da entidade empresarial local para as quais o património se revele insuficiente.

Estas entidades podem ser transformadas em empresas, devendo essa transformação ser precedida de deliberação dos órgãos competentes para a sua criação.

Ao abrigo do Artigo 8º da Lei nº 53-F/2006, de 29 de Dezembro, a criação de empresas e a decisão de aquisição de participações que confirmem influência dominante compete:

- a) À assembleia municipal, sob proposta da câmara (EM);
- b) À assembleia intermunicipal, sob proposta do conselho diretivo, com parecer favorável das assembleias municipais dos municípios integrantes (EIM);
- c) À assembleia metropolitana, sob proposta da junta metropolitana, existindo parecer favorável das assembleias municipais dos municípios integrantes (EMT).
- d) A decisão da criação das empresas ou a própria tomada de participação deve ser antecedida de estudos técnicos que demonstrem a viabilidade económica das unidades e comunicada em suporte físico de forma obrigatória à Inspeção Geral de Finanças e à entidade reguladora do sector, identificando racionalidade dos custos acrescentada que detenham a faculdade de desenvolvimento da atividade empresarial, sob pena da decisão incorrer em nulidade e responsabilidade financeira.

e) O carácter municipal, intermunicipal ou metropolitano da empresa possibilita à entidade participante atribuir-lhe a prossecução de tarefas públicas, ou, a delegação de poderes de autoridade.

f) O objeto social das empresas é obrigatoriamente reportado à exploração de atividades de interesse geral, à promoção do desenvolvimento local e regional e à gestão de concessões, sendo explicitamente proibida a criação de empresas tendo em vista o desenvolvimento de atividades de natureza exclusivamente administrativa, ou de cariz predominantemente mercantil ou cujo objeto social não se compreendam no âmbito das atribuições da autarquia ou da associação de municípios

A lei nº 159/99, de 14 de Setembro, estabelecia o quadro de transferência de atribuições e competências para as Autarquias Locais. Desta forma, ao abrigo do artigo 31º (Atribuições dos Municípios) da legislação supra mencionada delimitava as atribuições e competências em geral, equacionando atividades de interesse geral e atividades de promoção do desenvolvimento local e regional.

Lei nº 159/99, de 14 de Setembro

CAPITULO II

Delimitação das atribuições e competências em geral

Artigo 31º – Atribuições dos municípios

1 – Os municípios dispõem de atribuições nos seguintes domínios:

- a) Equipamento rural e urbano;*
- b) Energia;*
- c) Transportes e comunicações;*
- d) Educação;*
- e) Património, cultura e ciência;*
- f) Tempos livres e desporto;*
- g) Saúde;*
- h) Acção social;*
- i) Habitação;*
- j) Protecção civil;*

- L) Ambiente e saneamento básico;*
- M) Defesa do consumidor;*
- N) Promoção do desenvolvimento;*
- O) Ordenamento do território e urbanismo;*
- P) Polícia municipal;*
- Q) Cooperação externa.*

No entanto, em 2012 foi aprovado o regime jurídico da atividade empresarial local e das participações locais através da Lei nº 50/2012, de 31 de Agosto e revogadas a Lei nº 53-F/2006, de 29 de Setembro e a Lei nº 55/2011, de 15 de Novembro.

Desta forma, a Lei nº 50/2012, de 31 de Agosto no artigo 10º não estabelece de uma forma tão direta as atribuições dos municípios mas indica que a criação de serviços municipalizados apenas é possível desde que esteja em causa a prossecução de atribuições municipais.

Cabe aos órgãos executivos das entidades municipais/supramunicipais definir as orientações estratégicas da empresa a constar no contrato de gestão (empresas de gestão de serviços de interesse geral) ou no contrato programa (empresas de promoção do desenvolvimento local e regional) celebrado com as entidades participantes.

Estes contratos, definem a missão ou objeto, a possibilidade de delegação de competências e regularão da relação e relato financeiro entre as entidades ao nível do desenvolvimento da política de preços ou das comparticipações públicas a título de contrapartidas.

No que respeita à atribuição de subsídios ou outras transferências financeiras provenientes das entidades participantes no capital social devem estar devidamente justificadas pelo: contrato de gestão, contrato-programa e/ou obrigação de consolidação financeira do artigo 40o.⁵

⁵ “Empresas Municipais”, Catarina Siquet, 2010 (Ref. Final)

Lei nº 50/2012, de 31 de Agosto

Artigo 40o – Equilíbrio de contas

1 – As empresas devem apresentar resultados anuais equilibrados.

2 – Sem prejuízo do disposto no nº 5 do presente artigo, no caso de o resultado de exploração anual operacional acrescido dos encargos financeiros se apresentar negativo, é obrigatória a realização de uma transferência financeira a cargo dos sócios, na proporção respectiva da participação social com vista a equilibrar os resultados de exploração operacional do exercício em causa.

3 – Os sócios de direito público das empresas preveem nos seus orçamentos anuais o montante previsional necessário a cobertura dos prejuízos de exploração anual acrescido dos encargos financeiros que sejam da sua responsabilidade. (...)

Tendo por objetivo transmitir uma imagem verdadeira e apropriada da situação financeira do município está prevista a consolidação financeira dos resultados das operações do conjunto de empresas do sector empresarial do município.⁶

Para que haja viabilidade das empresas, é necessário a apresentação de resultados anuais equilibrados. Caso assim não seja e, estivermos perante um resultado de exploração anual operacional acrescido dos encargos financeiros negativo, está previsto de forma forçosa a transferência de fundos na proporção da participação social a cargo dos sócios, com vista a equilibrar os resultados de exploração operacional do exercício, passando o endividamento líquido e os empréstimos contratados, em caso de

⁶ Consolidação financeira, nos termos previstos nos art.os 31.º e 32.º do regime jurídico do SEL. A este propósito, é ainda de referir o art.º 46.º da Lei das Finanças Locais, que determina a consolidação de contas para os municípios que detenham serviços municipalizados ou a totalidade do capital de entidades do SEL. “Relativamente aos procedimentos de consolidação de contas, salienta-se ainda a aprovação, pelo Portaria n.º 474/2010, de 1 de Julho, a qual aprova a orientação genérica relativa à consolidação de contas no âmbito do sector público administrativo, o que inclui as autarquias locais (‘Entidades Participadas pelos Municípios Portugueses’, DGAL, Outubro 2010). Essa Portaria foi elaborada no âmbito da DGO com o contributo do SATAPOCAL. As instruções relativas à consolidação das contas municipais, em particular as de 2011, elaboradas pelo SATAPOCAL, podem ser consultadas em <http://www.ccr-norte.pt/pt/ccdr-n/pocal-plano-oficial-de-contabilidade-das-autarquias-locais/>.

incumprimento das regras legais⁷, a relevar para o cálculo do endividamento líquido das entidades autárquicas participantes.

Há também a possibilidade de contrair empréstimos por estas empresas. Contudo, estão sujeitos aos limites de capacidade de endividamento dos municípios estando, desde logo, vedada a concessão de empréstimos pelas empresas às entidades participantes e vice-versa, bem como a intervenção das empresas como garante de empréstimos ou outras dívidas das mesmas.

O endividamento de empréstimos de médio e longo prazo e endividamento líquido das sociedades comerciais nos quais detenham, direta ou indiretamente, uma participação social, reflete-se no endividamento dos municípios participantes na proporção da sua participação no capital social, a não ser que as regras de equilíbrio de contas previstas no RJSEL⁸ sejam cumpridas incluindo a efetivação da transferência acima mencionada.

No âmbito das medidas de consolidação orçamental e controlo e redução da despesa pública iniciado com o Programa de Estabilidade e Crescimento 2010-2013, continuado com a Lei do Orçamento do Estado de 2011, reforçado pela celebração do Programa de Assistência Económica e Financeira a Portugal (PAEF) e pela Lei do Orçamento do Estado de 2012⁹, as entidades que integram o setor empresarial local foram sujeitas, face à insustentabilidade financeira da maioria, a especiais medidas, quer no domínio da aplicação de redução nas remunerações a processar aos seus efetivos, quer na prática de especiais deveres em relação a essa dedução.

1.3 Relevância do tema

Para medir a relevância que o Sector Empresarial Local assume nos diversos municípios, serão calculados os indicadores que relacionam recursos e produtos das instituições do SEL com as correspondentes variáveis económico-financeiras das

⁷ Os custos operacionais devem ser superiores ou iguais aos encargos financeiros. Caso esta condição não se verifique, deve a respectiva autarquia local fazer uma transferência de fundos visando a reposição do equilíbrio, proporcionalmente à percentagem de capital social detido.

⁸ Capítulo VI do Artigo 31º do RJSEL

⁹ http://www.anmp.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=526&Itemid=220

entidades em estudo obtidas nos Relatórios e Contas através da Demonstração de Resultados e Balanço das entidades em particular.

As medidas das distribuições dos indicadores para os municípios em que existe SEL revelam uma elevada representatividade, verificando situações em que apresenta valores de algumas “rubricas da demonstração de resultados ou do balanço que são mais de 50% da correspondente rubrica do município, revelando riscos de exposição financeira do município. Verificam-se valores particularmente elevados em rubricas como os fornecimentos e serviços externos, os custos financeiros e as dívidas a terceiros” conforme é apresentado no Livro Branco do Sector Empresarial Local em Novembro de 2011.

Não vivemos atualmente um grande momento na economia nacional e internacional. Por esse motivo, é cada vez mais importante racionalizar recursos estatais.

É reconhecida a necessidade de intervenção sobre este sector associado a um conjunto de problemas e fraquezas. No entanto, qualquer intervenção deve ser em cumprimento dos princípios constitucionais garantindo a autonomia do poder local democrático. No entanto, é notória a falta de intervenção sobre o SEL. Assim, coloca-se a questão se as entidades do SEL devem suspender a criação de empresas locais e se é admissível a criação de EM e EIM como instrumento de melhoria da eficácia, eficiência e economia em torno da resposta operacional á população.

Contudo, cada iniciativa não pode ser analisada só por si, ou seja, deve ser vista em conjunto com outros fatores que levem a cabo a prossecução do interesse comum com procedimentos transparentes e pouco promíscuos. Esta é uma realidade que merece um estudo aprofundado. Algumas personalidades aprovam a sua extinção, outras a sua criação e/ou permanência. Trata-se de um tema sensível com necessidade da tomada de medidas mais ou menos extremas mas que, no entanto, não pode ser generalizada a todas as entidades. Qual o retrato patrimonial das Camaras Municipais? A sua criação deve ter por base a eficiência e agilização de procedimentos.

“Há empresas municipais que não têm condições, sobretudo do ponto de vista económico e financeiro, para continuarem a ser empresas municipais. A nossa ideia

é que entre um terço a metade das empresas municipais vão ser fundidas ou extintas em Setembro”, assegura o ex-secretário de Estado da Administração Local e da Reforma Administrativa, Paulo Júlio, em declarações à Rádio Renascença a 28 de Agosto de 2012.

Apesar de não ser um tema consensual e polémico com opiniões opostas, algumas dificuldades que afetam o desempenho das entidades do SEL parecem subsistir sob a ideia de que estas entidades se caracterizam, em geral, pela ineficiência e reduzida orientação estratégica de desenvolvimento. Segundo Nuno Cruz (2008) assinalam-se como fatores problemático para a sobrevivência das entidades do SEL a falta de pressão exercida pelo mercado e pelos acionistas, o reduzido risco de falência, o uso excessivo e incoerente de recursos para promoção do autointeresse, com manutenção dos mandatos de gestão e melhorias de vencimentos, e a ocorrência de assimetrias de informação. O problema reside também no facto de haver um raio de ação reduzido como consequência do RJSEL.

Este é um tema onde reside uma falha de mercado substancial onde deve haver uma intervenção pública de restauro e melhoria significativa de eficiência.

1.4 Motivação

Esta dissertação parte de uma revisão bibliográfica sobre os principais elementos constituintes dos antecedentes e consequentes factos de continuidade do SEL.

A primeira vertente, mais teórica, em que se pretende apresentar conceitos que na teoria são de fácil compreensão tendo em conta a atualidade do tema em tempos de maior dificuldade económico-financeira, a relevância das políticas públicas e a inexistência de uma voz decisória e estratégica.

A outra vertente, mais prática, que constituiu uma forte motivação para a execução deste trabalho, foi a realização do estudo focado na análise da eficiência de entidades públicas no sentido de atingir resultados positivos que motivem a sua criação e justifiquem a sua existência.

A escolha deste sector deve-se ao seu elevado dinamismo e versatilidade, integrando diversas áreas de atividade baseado no interesse comum.

1.5 Objetivo da dissertação

Esta dissertação tem por objetivo analisar o Sector Empresarial Local do ponto de vista da eficiência. Para tal será obtida informação das empresas municipais e far-se-á uma análise DEA. Na análise ao Sector Empresarial Local, aprofundaremos o conhecimento das suas atividades

Será feita uma análise do ponto de vista do interesse público ao nível de gestão e exploração de serviços de interesses geral nomeadamente se:

- É assegurada a universalidade dos serviços prestados;
- É considerada a satisfação das necessidades básicas dos cidadãos;
- Garantia do fornecimento de serviços;

Para atingir estes objetivos as autarquias dispõe de várias modalidades de gestão dos serviços públicos locais como sendo uma gestão pública direta, sendo a própria autarquia a assegurar a gestão dos serviços; gestão pública indireta, promovendo níveis de descentralização para as demais entidades públicas; ou gestão privada, quando estamos perante concessão de alguns serviços. Segundo Ieda Pimenta Bernardes (2003), a responsabilidade da gestão pública pertence em parte á Autarquia Local, sendo que, no modelo de gestão privada existe a transferência de responsabilidades da prestação de serviço. Contudo, “frequentemente, verifica-se que a gestão efetuada diretamente pela autarquia não se revela a mais eficiente e eficaz, sendo necessário equacionar outras possibilidades, ou seja, optar por formas de gestão dos serviços públicos locais para além da gestão pública direta” (Maldonado, 2003, pp 303).

1.6 Contributo da dissertação

Nesta dissertação pretende-se sustentar a atividade das entidades menos eficientes através da aprendizagem com o legado deixado pelas restantes entidades.

A falta de objetivos precisos surge de uma forma pouco vincada pela ação dos diversos executivos municipais e *lobbies* instalados ao longo do tempo. Ao que parece a relação entre política e economia poderá acumular diversos problemas e dúvidas difíceis de ultrapassar que exigem fortes medidas de controlo de atividade. Contudo, potenciar as

forças das entidades do SEL, trata-se da defesa de uma gestão com objetivos de médio e longo prazo. Esta é uma discussão com um fim distante aplaudindo todos os esforços efetuados no sentido de identificar as forças que viabilizam os interesses do município, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada modelo, de modo a traçar uma estratégia eficiente de negócio.

1.7 Organização da dissertação

A dissertação está dividida em 6 Capítulos principais que apresento em baixo de forma muito sintética a seguir.

O capítulo 1 irá fazer um enquadramento da dissertação onde indicarei as razões e objetivos para o seu tratamento. Desta forma, podemos ter uma ideia geral do que se trata o Sector Empresarial Local, suas implicações para a sociedade e base de funcionamento. Será apresentada a imagem do sector empresarial local à escala nacional, com a pretensão de dar a conhecer as características deste sector com a imagem verdadeira. Tem por objetivos fazer uma primeira abordagem teórica para alguns conceitos que serão explorados no corpo da dissertação.

O segundo capítulo “Análise de eficiência produtiva” tem por objetivo caracterizar a eficiência global composta por componentes distintas de eficiência: a eficiência dos preços, eficiência técnica, eficiência de afetação de recursos, eficiência de congestão e eficiência orientada a inputs e outputs.

O capítulo 3 irá demonstrar a metodologia de desempenho empresarial mediante uma revisão da literatura existente sobre a avaliação da eficiência mediante projetos já realizados é também um aspeto abordado na dissertação. O uso crescente da Análise de Envoltória de Dados (DEA) tem sido justificado pelas várias possibilidades de análise de dados que a metodologia apresenta. Será feita uma análise aprofundada de publicações recentes, onde serão estudadas as opções ou os processos científicos desenvolvidos.

No quarto Capítulo da dissertação, Serão analisadas as características do modelo de avaliação de eficiência DEA. Numa análise mais detalhada será descrito distintamente cada uma das duas vertentes da análise DEA (BCC e CCR), para que seja possível

compreender as diferenças ou semelhanças os modelos clássicos. Serão também apresentados cenários orientados a input e output.

No quinto capítulo versando a eficiência do Sector Empresarial Local aplicar-se-ão todos os conceitos e estratégias mencionadas em capítulos anteriores desta dissertação.

Desta forma, será possível ter uma ideia mais abrangente sobre a sobrevivência do sector empresarial local. Assim, será aplicado o modelo DEA relativamente a uma amostra representativa seleccionada previamente a partir da globalidade do setor da distribuição de águas do SEL mediante a orientação a input e orientação a output.

Ao nível das conclusões, sexto e último capítulo serão tiradas ilações através da análise anteriormente efectuada, que permitirão obter conhecimento com experiências mencionadas. Será não menos importante descortinar alguns aspetos e questões ainda por tratar.

2. Análise de eficiência produtiva

A reforma do Setor Empresarial Local (SEL) está em curso há mais de uma década em muitos países desenvolvidos, nomeadamente na Grã-Bretanha, Canadá, Nova Zelândia e Austrália. Analisando os programas de reforma do SEL verifica-se que existe algumas semelhanças entre os países com reformas em curso com destaque para o tipo de comércio externo em vigor, onde se realça as privatizações constantes, a desregulamentação dos serviços de gestão do sector público, a monitorização do desempenho da Administração Pública, o “outsourcing” ou a clara procura de melhoria de eficiência do SEL.

Portugal está inserido nesta tendência com maior expressão num passado recente. No âmbito desta nova orientação ganha importância a avaliação da evolução do sucesso destes programas e para essa avaliação é importante ter-se uma imagem verdadeira e apropriada dos níveis de eficiência (Chalos and Cherian 1995, Worthington 1999). O nível de sofisticação da avaliação do desempenho tem vindo a aumentar nomeadamente com a multiplicação de estudos recorrendo à aplicação de técnicas matemáticas e econométricas para medir a eficiência dos governos locais na prestação de serviços públicos.

2.1 Medidas de Eficiência

As medidas de eficiência têm sido usadas com sucesso em organizações públicas, privadas e sem fins lucrativos para perceber e integrar a contribuição estratégica de todos os fatores relevantes de forma a entender o valor de cada entidade. São apresentadas abaixo duas considerações principais para que cada gestor teste hipóteses acerca das razões impulsionadoras de resultados:

- a) Garantia de consistência e alinhamento entre medidas financeiras, operacionais e estratégicas.
- b) Identificação e mensuração do valor de cada indicador que sustenta (pelo menos teoricamente) o bom desempenho da organização.

A utilização de técnicas para medir a eficiência das entidades funciona como uma ferramenta de auxílio à criação de uma estratégia de gestão de recursos para o

desenvolvimento de medidas e orientações no processo operacional mediante explicações causa-efeito.

A medição de eficiência de Kaplan e Norton (1992) é explícita num conjunto de quatro quadrantes que traduzem uma visão e gestão estratégica: perspectiva financeira; perspectiva do cliente; processos internos de negócio; e crescimento e aprendizagem organizacional¹⁰.

A chave do negócio pode estar na flexibilidade e adaptabilidade dos agentes e organizações. Seja para operações do sector público cuja atividade é prestação do serviço público, seja para organizações privadas com fins lucrativos, ou mesmo organizações sem fins lucrativos impulsionadas pelo compromisso com uma causa em particular. Desta forma, o estudo de eficiência do SEL é útil no sentido em que vai de encontro à melhoria de desempenho através da sua avaliação e implementação de estratégias refinadas.

Avaliar o desempenho das empresas enquanto prestadores de serviços é uma tarefa complexa desde logo pela diversidade de agentes económicos com importância para a análise e pela dificuldade de conjugação de interesses.

Segundo Kassai (2002), as dimensões em estudo (eficiência e produtividade e ainda eficácia e efetividade) estão intimamente relacionadas com o desempenho de cada entidade e com a sua linha orientadora específica de cada entidade. Desta forma, o gestor deverá desenvolver um quadro de eficácia e eficiência de modo a avaliar a prestação do serviço financiado com o dinheiro público. Os resultados da análise podem ser descritos como mais ou menos eficiente ou mais ou menos produtivos (Lovell, 1993).

Segundo Catelli et al (2001, p.64), entende-se por eficácia “o grau segundo o qual as empresas atingem a missão, metas” tendo em consideração fatores como sobrevivência, adaptabilidade do processo de decisão, desenvolvimento, produção, eficiência e satisfação dos agentes envolvidos.

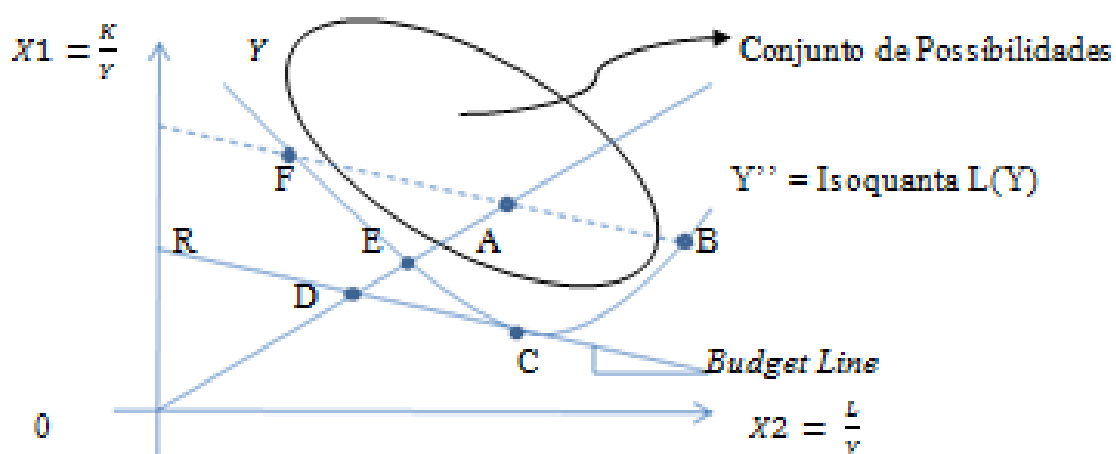
10 www.cimaglobal.com

2.2 Eficiência Técnica

Na literatura encontra-se diversos conceitos de eficiência. O conceito de eficiência mais comum é o de eficiência técnica. Os primeiros trabalhos conhecidos de análise empírica da eficiência técnica são da autoria de Debreu (1951), Koopmans (1942) e Farrell (1957). Debreu defende a função de distância como medida de eficiência enquanto Farrell defende a eficiência técnica como “Coeficiente de utilização de recursos de Debreu” (Debreu, 1951; Koopmans, 1942; Farrell, 1957; Lovell, 1993; Tulkens, 1993; e Fare, 1994).

Para Farrell, a eficiência técnica (ET) traduz-se na produção de um maior output face a um conjunto de inputs (Farrel, 1957) sendo que a função de produção é estimada a partir de observações (recursos/produtos) de um determinado grupo de unidades e produção (DMUs – Decision Making Unit), representado por uma isoquanta¹¹, em que cada observação é representada por um único ponto (combinação produto-recurso observada). A fronteira eficiente ou isoquanta define o conjunto de unidades eficientes sendo avaliada pela distância de cada ponto em relação à fronteira eficiente construída através das observações empíricas.

Figura1 - Eficiência Técnica mediante a função de produção



Fonte: Adaptado de Bhagavath, V., “Technical Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis: An Application in Transportation” (2007)

¹¹ Curva representativa de várias combinações de fatores de produção (terra, capital e trabalho - inputs) que resultam na mesma quantidade de produção (output)

Segundo Farrel, o gráfico descreve uma medida empírica de eficiência relativa com base na função de distância.

O gráfico representado assume a combinação de diferentes inputs (x_1 e x_2) necessários à produção de determinada quantidade de output (y). Trata-se da combinação mínima de (x_1 e x_2) para produção de (Y). A isoquanta ou fronteira eficiente descreve os montantes mínimos de inputs necessários para a produção de determinada quantidade de output.

2.3 Eficiência de Afetação

Os produtores podem alterar gradualmente as combinações de inputs mediante a obtenção de novas informações ou conhecimentos adicionais ou alterações tecnológicas. Se determinada entidade produz num qualquer ponto da isoquanta então diz-se tecnicamente eficiente. Por outro lado se se posicionar em qualquer ponto da linha reta significa que a entidade tem exatamente o mesmo orçamento disponível. O declive da linha do orçamento é dado pelo rácio do custo de x_2 com o custo de x_1 . Assim, quanto mais próximo de x_1 menor o custo de x_2 ; ou quanto mais próximo de x_2 menor o custo de x_1 . Desta forma, o custo de produção de uma dada quantidade de output é minimizado no ponto em que a linha do orçamento é tangente à isoquanta. Neste ponto é atingida a eficiência global ou económica, também denominada por eficiência produtiva. Para que determinada entidade alcance este ponto, isto é, o mínimo custo, deve utilizar os inputs de forma tecnicamente eficiente mediante uma combinação adequada dos inputs dada a sua afetação ao seu preço relativo.

No campo da economia e de acordo com Norman e Stoecker (1991) “os economistas aplicam o termo eficiência produtiva para descrever o sucesso de uma unidade organizacional na utilização dos recursos para gerar produtos ou resultados”. (Norman, 1991, pp 11)

O vetor de recursos observados e alvo de avaliação em relação à isoquanta $L(y)$ é dado pelo ponto B. A função distância $D(y,x)$ é o inverso da razão (OA/OB) , sendo a proporção pela qual os recursos podem ser reduzidos em B para alcançar o ponto

eficiente da isoquanta em A. $D(y,x)-1$ é a medida de eficiência relativa definida por Farrell em relação à combinação de recursos em B para a produção de Y.

O ponto B é tecnicamente ineficiente visto que são utilizados mais inputs do que aqueles que são necessários para produzir determinado nível de output designado pela isoquanta. O ponto B é tecnicamente eficiente embora não seja eficiente ao nível de afetação/custos tendo em conta que o mesmo nível de produção pode ser produzido a um custo menor no ponto C. Assim, se determinada entidade se mover do ponto B para o ponto C a sua eficiência de afetação aumenta $(OB OD'')/OB$. Esta seria composta por uma melhoria de ET medida pela distancia $(OB OD'')/OB$ e uma melhoria de eficiência de afetação ou alocativa medida pela distancia $(OB OD'')/OB$. Geralmente, a eficiência técnica é medida verificando se os inputs têm de ser reduzidos em proporções iguais de forma a chegar à fronteira pretendida. Este fenómeno é conhecido como contração radial de inputs visto que o ponto em que opera se move ao longo da linha a partir da origem (ponto inicial em que todas as entidades se situam).

Assim, para medir a eficiência, há a necessidade de estimar a isoquanta a partir dos produtos e recursos observados, calculando a eficiência relativa em relação às melhores praticas observadas a partir da fronteira (Farrel, 1957), ou seja, considera-se a conversão de inputs físicos em outputs tendo como referência as melhores práticas. Desta forma, não deverá existir qualquer desperdício de input para a produção de um dado output. Assim, para se operar no ponto ótimo de eficiência deverá ser utilizada a melhor prática possível. No caso de estar a operar abaixo dos níveis considerados como boas práticas devem ser tomadas medidas de melhoria da atividade. Assim, cada operação e cada tomada de decisão terá grande impacto sobre a ET da entidade mas não sobre os preços e custos dos inputs e outputs.

O conceito de eficiência de afetação ou alocativa (EA) refere-se aos inputs disponíveis para um dado número de outputs e um conjunto de preços de inputs definidos para minimizar o custo de produção assumindo uma entidade tecnicamente eficiente.

A EA também pode ser expressa em valor percentual, sendo que 100% indica que a entidade utiliza os seus inputs ao mínimo custo possível. Determinada entidade mesmo

que opere com as melhores práticas ainda pode ser alocativamente ineficiente quando não utiliza inputs ao seu mínimo custo, dados os preços relativos desses mesmos inputs.

2.4 Custo de Eficiência

Finalmente, o custo de eficiência refere-se à combinação das técnicas utilizadas com EA¹² sendo que uma dada entidade só será tecnicamente rentável se for alocativamente eficiente. O custo de eficiência é calculado através do produto de resultados de eficiência na afetação de recursos e eficiência técnica, por isso, determinada entidade só pode atingir o valor máximo de eficiência de custos desde que alcance 100% de eficiência técnica e alocativa.


A nomenclatura utilizada em torno dos conceitos de eficiência apresentados foi:

- YY' – Isoquanta ou Fronteira de Produção: possíveis pares de combinação de recursos (X_1 e X_2);
- K – Capital; L – Trabalho; Q – Produto;
- $Y = f(K, L)$ - Função de Produção;
- $1 = \frac{A}{Y * F(\frac{K}{Y}, \frac{L}{Y})}$;
- $ET = \frac{OB}{OA}$ – Eficiência Técnica;
- $EA = \frac{OD}{OB}$ – Eficiência na afetação de recursos;
- $\frac{OB}{OA} \leq 1$;
- $EG = ET * EA = \frac{OD}{OA}$ – Eficiência Global ou Económica;
- Conjunto de possibilidades (eficiência) – subconjunto da fronteira de produção com planos de produção tecnicamente eficientes, segundo Koopmans (1951), isto é, o aumento de um qualquer output requer a redução de outro ou o aumento de pelo menos dois inputs; ou por outro lado, a redução de um qualquer input requer o aumento de outro ou a redução de pelo menos dois outputs.

12 Por vezes, o custo de eficiência é interpretado como uma terceira medida, ou seja, eficiência dinâmica de afetação. Trata-se do momento em que os produtores respondem às mudanças de tecnologia e produção em detrimento das alterações das escolhas e preferências dos consumidores aproveitando as oportunidades produtivas.

Conforme representa a tabela seguinte, Farrel (1957) decompõe o conceito de eficiência definindo uma árvore de eficiências.

Tabela 1 – Resultados de Eficiência Técnica

	Eficiência Técnica		
	Eficiência de Afetação	Eficiência Técnica	Eficiência Técnica Pura
		Eficiência de Escala	
	Resultados		

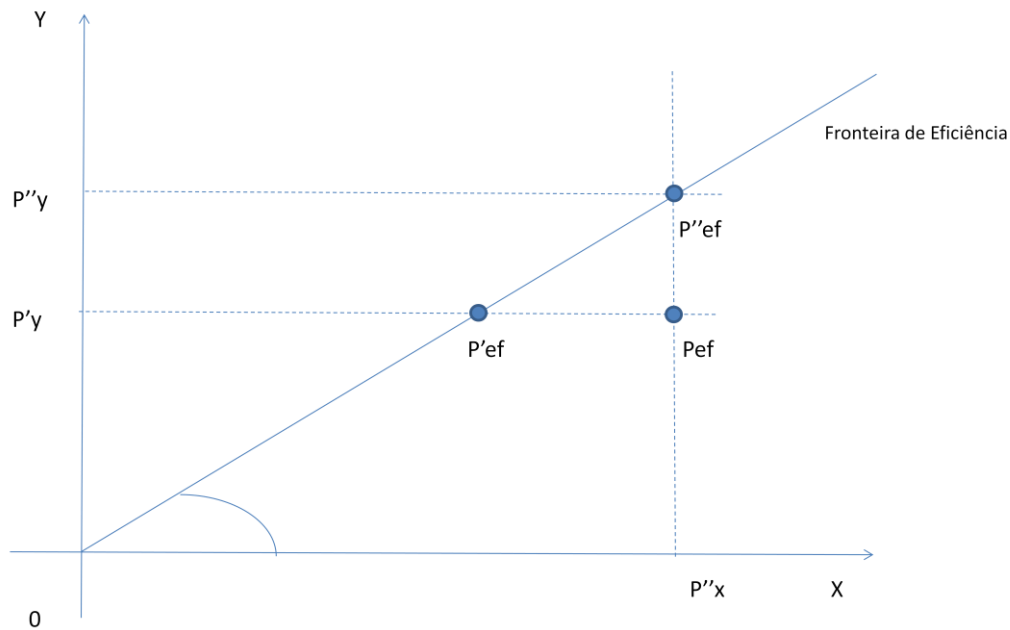
Fonte: Elaboração própria

A eficiência técnica é definida como a capacidade de uma empresa obter o máximo produto dado um conjunto de fatores de produção. Trata-se da transformação que compara um ponto observado com o melhor ponto possível/desejável. Assim, para o objetivo de aumento de produção, a eficiência técnica é determinada pela diferença entre a razão das quantidades combinadas de outputs e inputs observadas (PR – produção observada) de determinada entidade e a proporção alcançada (PR*- máxima produção) dados os recursos existentes com vista a melhoria das práticas em vigor.

A produção máxima de outputs ou o consumo de mínimo de inputs em comparação com o que é tecnicamente viável é essencial para prestadores de serviços no sentido de melhor atender às suas metas¹³. Podemos observar a fronteira de eficiência a seguir representada assumindo um único input e um output.

¹³ Prestieau e Tulkens (1993) aborda uma discussão mais ampla da relação entre a eficiência técnica e a capacidade das empresas públicas atingirem os seus objectivos.

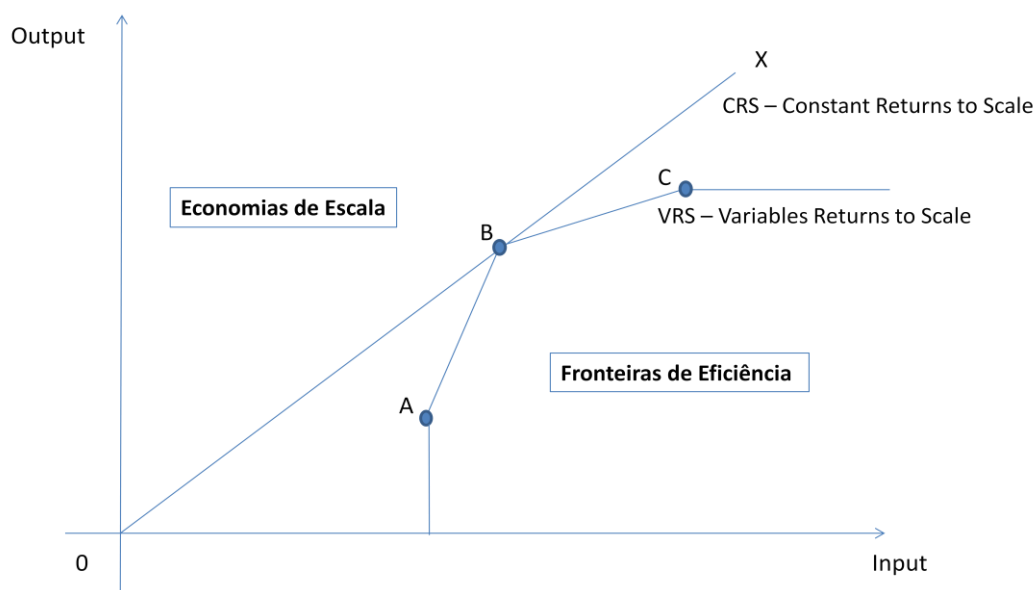
Figura 2 - Fronteira de Eficiência



Fonte: Adaptado de Merton, R. C. “An analytic derivation of the efficient portfolio frontier.”

A fronteira de eficiência é uma curva que passa pela origem e de declive igual à produtividade da DMU mais produtiva determinada pela maior taxa possível de outputs da amostra, independentemente da sua dimensão. A sua forma geométrica é determinada pelo modelo que calcula o subconjunto das n DMU's que pertencem à fronteira de eficiência.

Figura 3 – Economia de Escala



Fonte: Adaptado de Kumar, S. “An Examination of technical, Pure Technical, and Scale Efficiencies in Indian public Sector Banks using Data Envelopment Analysis” (2008)

A fronteira dos rendimentos variáveis à escala (VABCD) passa onde as entidades têm a maior produção em relação aos inputs, dada a sua dimensão relativa, seguindo paralelamente aos eixos além dos pontos extremos. A eficiência de escala de uma entidade pode ser determinada pela comparação de resultados de cada produtor de serviços com eficiência técnica e rendimentos constantes à escala e rendimentos variáveis à escala, na realização de um processo de “benchmarking”. Assim, a fronteira é determinada por hiper-planos lineares.

O ponto P''_{ef} é um ponto eficiente com coordenadas (X'_{ef}, Y'_{ef}) . O ponto P_o é ineficiente. O ponto P'_y $(0, Y_o)$ é a projecção de P_o no eixo Y e o ponto P'_{ef} é a projecção de P_o na fronteira eficiente, assumindo uma orientação a inputs. Como temos uma projecção horizontal o valor da ordenada não se altera. O cálculo das coordenadas do ponto P'_{ef} (X'_{ef}, Y'_{ef}) resulta da intersecção da fronteira eficiente com a curva horizontal que passa por P_o .

Assim, assume-se que:

$$- Y = Y_o;$$

$$- Y = \frac{Y'_{ef}}{X'_{ef}} X;$$

- $X'_{pef} = \frac{X''_{ef}}{Y''_{ef}} Y_0$;
- $Y_{p'ef} = Y_0$;
- $Y''_{ef} = a \cdot X''_{ef} \rightarrow a = \frac{Y''_{ef}}{X''_{ef}} \rightarrow X''_{ef} = \frac{Y''_{ef}}{a}$;
- $a = \tan \alpha$ - Produtividade da unidade eficiente;

Os modelos Data Envelopment Analysis (DEA) determinam os pontos projetados das DMU's ineficientes na fronteira eficiente. A projeção de uma DMU ineficiente é obtida através da combinação linear das DMU's eficientes que definem a superfície envolvente SE, que contém o seu ponto projetado.

Assim, o princípio de projeção da DMU ineficiente na fronteira de eficiência é dado por:

$$(X_k, Y_k) \rightarrow DEA (X, Y) \rightarrow (\hat{X}_k, \hat{Y}_k)$$

Equação 1 - Princípio da projeção da DMU ineficiente

Quando $(X_k, Y_k) = (\hat{X}_k, \hat{Y}_k)$ então O_K é eficiente e pertence à superfície envolvente. Para uma O_K ineficiente, o ponto (\hat{X}_k, \hat{Y}_k) encontra-se na superfície envolvente e pode ser representado em termos da O_j eficiente através da seguinte equação:

$$(\hat{X}_k, \hat{Y}_k) = \left(\sum_{f=1}^n \alpha_k X_f, \sum_{f=1}^n \alpha_{fk} Y_f \right)$$

Equação 2 - Posicionamento na superfície envolvente da dada DMU

O ponto projetado é sempre uma combinação linear, não negativa das O_j , eficientes, com $\alpha_{fk} \geq 0$. Para $\alpha_{fk} = 1$ então $j = k$ e O_K é eficiente. A ineficiência pode ser representada por uma medida de distância entre: (X_k, Y_k) e (\hat{X}_k, \hat{Y}_k) , como por exemplo:

$$X_{ik} - \widehat{X}_{ik}, i = 1, \dots, m$$

$$\widehat{Y}_{rk} - Y_{rk}, r = 1, \dots, s$$

Equação 3 - Medida de distância de ineficiência

A determinação da eficiência de uma DMU observada O_j , com $j = 1, \dots, n$; requer o cálculo de um PPL. O PPL solucionado para cada O_j , com $j = 1, \dots, n \in D$, conjunto observado, identifica os conjuntos de DMU's eficientes E^* .

A eficiência técnica é decomposta em Eficiência técnica pura (ETp) – Consiste na avaliação da eficiência na transformação dos inputs em outputs, sem considerar os possíveis rendimentos de escala; e Eficiência de Escala (Ee) – Consiste na avaliação da eficiência considerando o aproveitamento das oportunidades de rendimentos de escala (crescentes/decrescentes).

$$E_T = E_{Tp} * E_e$$

Equação 4 - Eficiência Técnica

O exemplo apresentado tem como base a suposição de rendimentos constantes à escala. Dada esta hipótese, a dimensão da organização não é considerada relevante para determinar a sua eficiência relativa, isto é, as entidades podem produzir outputs com os mesmos rácios de input /output como se fosse uma empresa com dimensão superior. Esse facto ocorre porque não existem economias de escala, logo a duplicação de todos os seus inputs leva geralmente à duplicação dos seus outputs. No entanto, não é válida para entidades com economias de escala ou rendimentos crescentes à escala. Nestes serviços, se houver incremento para o dobro dos inputs deverá resultar num aumento superior da produção uma vez que os produtores são capazes de aplicar a sua despesa de forma mais produtiva ou ter vantagem competitiva. No que respeita a outros serviços, as organizações podem-se tornar muito superiores e criar deseconomias de escala ou rendimentos decrescentes à escala. Neste caso a duplicação de inputs levará a menos do que o dobro de outputs. Seria a vantagem de uma entidade para garantir que as suas operações se situam no ponto ótimo, ou seja, nem muito pequeno em ambiente de

rendimentos crescentes à escala nem muito grande em ambiente de rendimentos decrescentes à escala, situam-se numa posição ótima.

No caso da dimensão dos prestadores de serviços influenciar a sua capacidade de produção de forma eficiente, a hipótese de rendimentos constantes à escala é inadequada. Na prática, uma condição menos restritiva da fronteira de escala permite na prática um melhor rácio output / input.

A distância entre a respetiva fronteira determina a eficiência técnica em cada hipótese. A fronteira entre os rendimentos constantes e os rendimentos variáveis à escala determina a componente de eficiência de escala. A ET resultante de outros fatores é determinada pela fronteira dos rendimentos variáveis à escala. Assim, quando a eficiência é avaliada sobre a hipótese de rendimentos variáveis à escala, os resultados de eficiência para cada entidade indica apenas a ineficiência técnica resultantes de fatores não à escala. Os resultados de eficiência técnica calculados de acordo com os rendimentos variáveis são superiores aos obtidos com rendimentos constantes.

Desta forma, a entidade B é a única que não tem escala de ineficiência representando a escala ótima, a eficiência de escala da amostra. As entidades A, C e D têm escala ineficiente mas não têm qualquer escala de ineficiência ao nível de fatores não escala sob o pressuposto de rendimentos variáveis à escala, sendo que os resultados de eficiência de escala da entidade A são determinados pela razão das distâncias $TAAC/AT$, inferior a um. A entidade A tem rendimentos crescentes à escala visto que iria abordar a escala ótima na condição de aumentar a dimensão da sua amostra. As entidades C e D estão a produzir resultados com rendimentos decrescentes à escala tendo uma dimensão elevada para se considerar uma escala eficiente, estando a entidade D mais distante da escala ótima. A ineficiência da entidade E com rendimentos constantes à escala ($Teec / ETE$) é composta por ineficiência de escala ($Teec / TeeV$) e ineficiência técnica não escala ($TeeV / ETE$).

2.5 Eficiência orientada a recursos e orientada a produtos

No que respeita à orientação de inputs a eficiência técnica é calculada pela seguinte expressão, que representa a produtividade de uma DMU comparada com a de uma DMU eficiente numa orientação aos inputs, ou seja, qual a quantidade de input reduzida mantendo o mesmo nível de output.

$$E_{Tin} = \frac{\overline{P'_{ef}P'_y}}{\overline{P'_yP_o}} = \frac{Y_o}{X_o} * \frac{1}{\frac{Y''_{ef}}{X''_{ef}}} = \frac{P_o}{P'_{ef}}$$

Equação 5 - Eficiência técnica orientada a inputs

Contudo, no que concerne a orientação a output pode ser igualmente importante sendo que há a necessidade de entender qual a quantidade de output pode ser aumentada mantendo a quantidade de inputs constantes, sendo que o custo dos inputs tem elevada importância na prestação dos serviços públicos. A seguinte equação representa a eficiência técnica na orientação aos outputs.

$$E_{Tout} = \frac{\overline{P''_{ef}P'_x}}{\overline{P_oP'_x}} = \frac{X_o}{Y_o} * \frac{Y''_{ef}}{X''_{ef}} = \frac{P''_{ef}}{P_o}$$

Equação 6 - Eficiência técnica orientada a output

Esta equação traduz a razão entre a produtividade observada e a produtividade esperada,

Analisando o gráfico anterior o resultado de eficiência técnica de inputs orientados, a entidade E sob rendimentos variáveis de escala é dado pela razão das distâncias TeeV/ETE. O resultado de ET para a entidade E, usando uma orientação de output e, assumindo rendimentos variáveis à escala é dada pela razão entre as distâncias MEE / MEEv O. Se uma entidade é tecnicamente ineficiente do ponto de vista da orientação a input, então também irá ser tecnicamente ineficiente do ponto de vista da orientação a output.

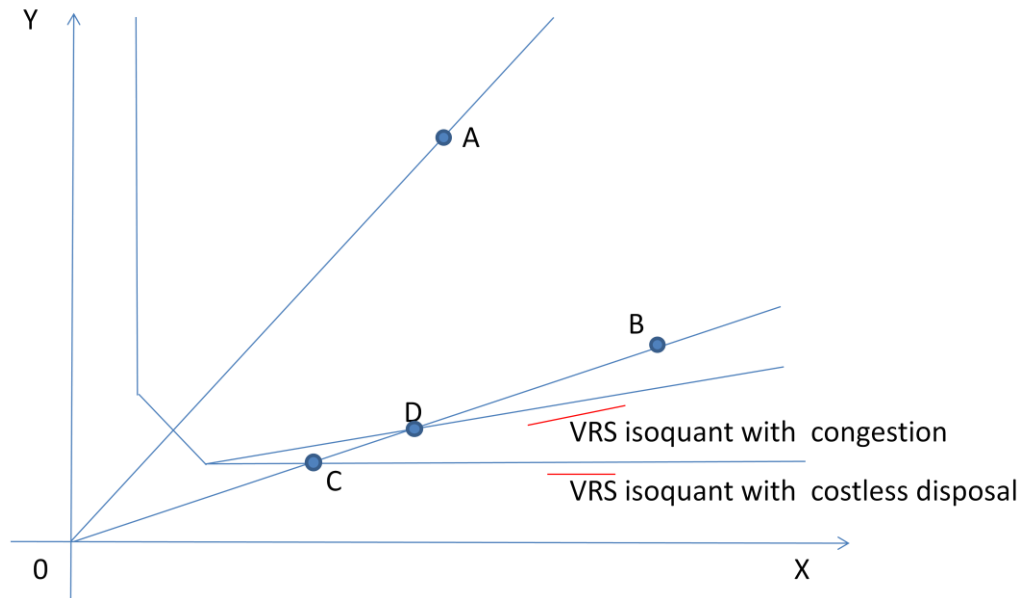
Dependendo de uma redução de inputs ou do aumento de outputs, as entidades eficientes que servem de modelo à entidade E também diferem. Estas entidades

eficientes são a entidade A e B sob orientação de inputs embora a entidade B e C esteja sob a orientação de outputs. Este facto reflete que a entidade E pode aplicar alguns exemplos a partir destas. A entidade C tem vantagem na produção ao nível dos inputs semelhante à da entidade E, enquanto que a entidade A produz menos que os outputs da entidade E embora utilize consideravelmente menos inputs.

2.6 Eficiência de congestão

Em muitas situações, as entidades não serão capazes de dispor de inputs que não pretendem, tendo em conta restrições sindicais e/ou governamentais que podem reduzir a força de determinados inputs como o trabalho. De forma a contornar situações como custos e/ou taxas sobre inputs, Grosskopf e Lovell (1983) introduziram o conceito de eficiência de congestão. Em exemplos anteriores a isoquanta de rendimentos constantes à escala é, eventualmente, paralela a ambos os eixos. Isso reflete o pressuposto de que um input não pode ser proveitosamente usado nem eliminado sem um custo associado. Contrastando com esse facto, a congestão reflete a incapacidade de dispor de inputs indesejados que reflitam o aumento dos custos.

Figura 4 - Eficiência de congestão



Fonte: Steering Committee for the Review of Commonwealth/State Service, “Data Envelopment Analysis: A technique for measuring the efficiency of government service delivery”. Camberra: AGP, 1997

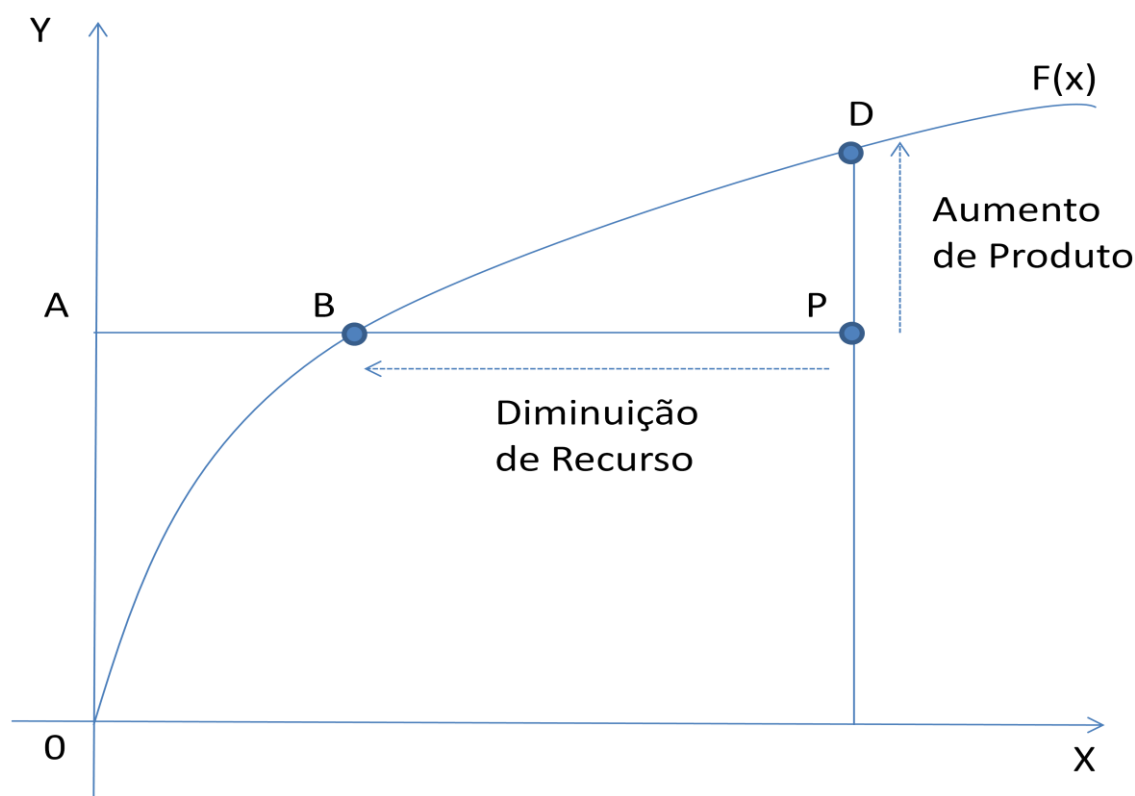
No gráfico anterior a congestão é assumida com a utilização de M-O. Assim, em detrimento da fronteira (eventualmente) paralela aos eixos, a congestão reflete o declive da fronteira para cima dos eixos. No gráfico representado, uma entidade que opere no ponto B teria uma congestão de ineficiência igual a OC / OD , enquanto que uma entidade que opera no ponto A uma congestão de eficiência.

Após a decomposição de rendimentos constantes à escala de eficiência técnica em variáveis resultantes de eficiência de escala e eficiência de congestão, permanece um resultado de eficiência técnica residual. Este resultado residual indica, em grande parte, a possibilidade de melhorias de eficiência resultantes de práticas de trabalho menos eficientes e uma gestão não tão forte, embora também não reflitam diferenças entre variáveis operacionais exógenas.

Vilfredo Pareto (1896), que entre outros desenvolveu o conceito de eficiência económica, conhecido como o *Ótimo de Pareto*, com a publicação do seu livro “Cours

d'Économie Politique” refere que numa situação ótima não é possível melhorar a utilidade de determinado agente sem deteriorar a utilidade de outro qualquer agente. Num dado modelo económico podem existir diversos ótimos de Pareto, isto é, não tem que obrigatoriamente ser socialmente benéfico (Pareto, 1896). Para Sengupta e Sfeir, “A metodologia DEA aplica a noção básica de eficiência de Pareto por estipular que uma dada DMU não é relativamente eficiente em produzir os seus outputs dados os inputs, se existir alguma outra DMU ou, combinações de DMU's, que produza mais do que alguns outputs sem produzir menos de qualquer outro e sem utilizar mais de qualquer input”. De notar que uma DMU ou, combinações de DMU's, podem produzir os mesmos ou mais outputs enquanto utiliza menos inputs. (Sengupta e Sfeir, 1988, pp. 236)

Figura 5 - Função de Produção



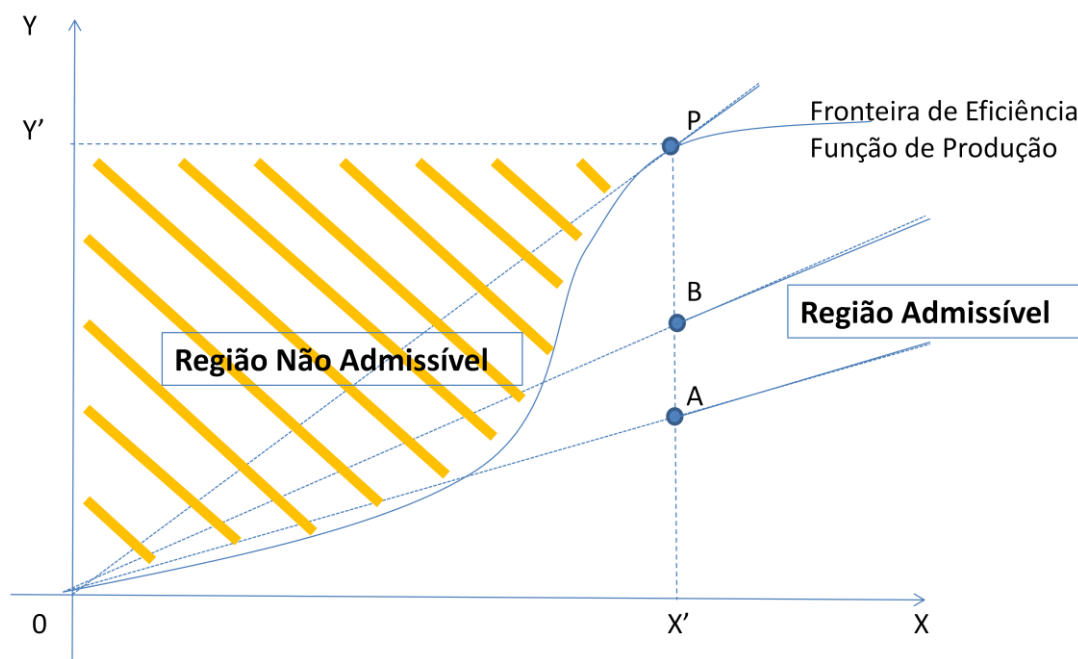
Fonte: elaboração própria

Pela análise do gráfico acima representado, assumindo uma possível fronteira de eficiência definida por $f(x)$ e uma DMU ineficiente P , para que P se torne eficiente tem

que se deslocar até ao ponto B reduzindo recursos. No entanto, se preferir tornar-se eficiente aumentando os produtos, tem que se deslocar até ao ponto D. (Kao, 1994)

Stoner (1995) considera que do ponto de vista da eficiência técnica a função de produção é um aspecto primordial referindo que se deve “fazer as coisas corretamente”. Esta função de produção estabelece a relação máxima entre os outputs e os inputs para um dado conjunto de possibilidades de produção, ou seja, a capacidade de minimizar a utilização dos recursos com vista às metas definidas. Assim, a fronteira de produção ou função de produção define o subconjunto de eficiente de possibilidades de produção. O conjunto de possibilidades de produção estabelece o “trade-off” possível entre produtos e recursos para cada plano de produção.

Figura 6 - Fronteira empírica de produção



Fonte: Adaptado de Bowden, R.J. “The generalized value at risk admissible set: constraint consistency and portfolio outcomes”, Quantitative Finance (2004).

Segundo o gráfico apresentado, a fronteira empírica de produção trata-se do limite de eficiência (P) e corresponde à linha envolvente do conjunto de possibilidades de produção para determinado nível de utilização de recursos. Desta forma, os pontos A e

B são considerados ineficientes. Por fim, a distância entre a fronteira e cada DMU depende não só mas também das propriedades das Tecnologias de Informação e Comunicação.

No caso da análise da eficiência do SEL as técnicas adotadas incluem a produtividade (FPP) como indexador total. No entanto esta técnica, geralmente não é aplicada à prestação de serviços uma vez que exige um preço para cada output e cada input que muitas das vezes não são passíveis de ser identificados em muitos serviços do Sector Público.

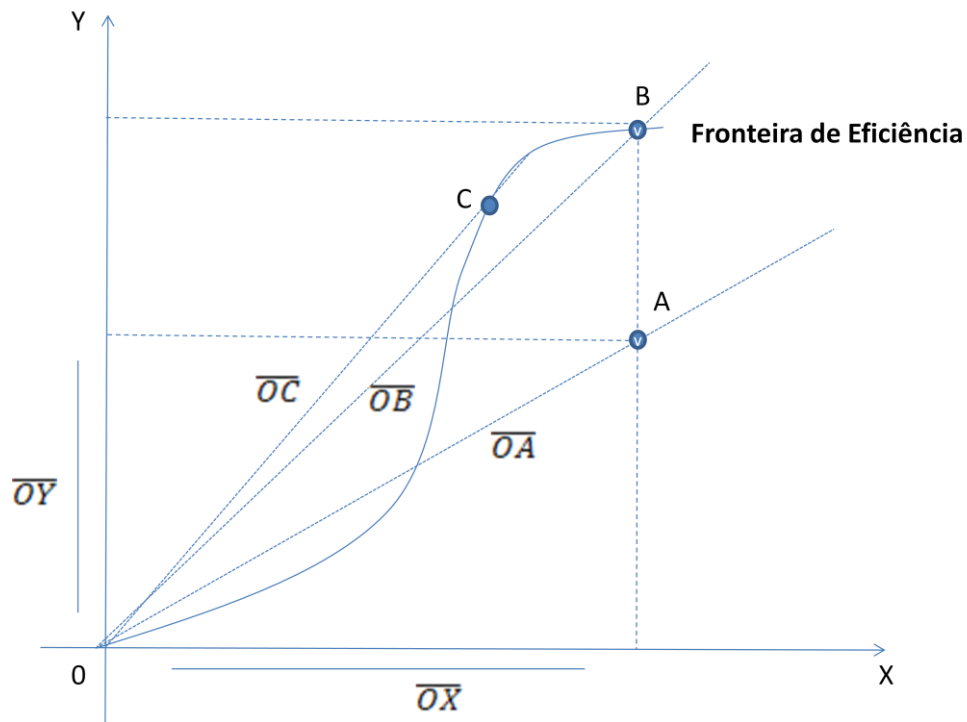
As medidas de produtividade parcial e os custos recorrentes de cada unidade de produção devem ser usados em simultâneo de forma a obter um quadro amplo de eficiência e a facilitar o seu cálculo, embora necessitem de uma interpretação cuidada. Por definição são medidas parciais uma vez que não representam as relações e os “trade-offs” entre os vários inputs e outputs. Trata-se de uma limitação significativa da sua aplicação ao nível a prestação de serviços públicos que, geralmente, envolve uma multiplicidade ínfima de inputs e outputs. Se determinado input1 é substituído por outro input2 a produtividade do input1 tende a aumentar enquanto que a produtividade do input2 irá cair. Desta forma, para avaliar se determinada entidade se tornou mais eficiente, dever-se-á medir o output mediante os inputs considerados.

No entanto, a apresentação de um elevado número de medidas parciais será de difícil compreensão e interpretação no caso de alguns indicadores se moverem em sentidos opostos ao longo de um determinado período de tempo, reforçando o valor que é creditado em medidas de eficiência mais abrangentes.

As medidas parciais podem fornecer informações importantes acerca de dados específicos da atividade em que opera. Contudo, é importante ter a percepção de como está a operar a entidade como um todo em comparação com outras entidades do mesmo sector.

Eficiência e produtividade são conceitos distintos. Assim, o valor da empresa é criado no momento em que cada produção é efetivada com o mínimo de recursos utilizados pelos agentes. Por outro lado, a produtividade é alcançada quando determinado sistema é capaz de transformar os recursos existentes em produtos/serviços.

Figura 7 - Fronteira Empírica de Produção



Fonte: Adaptado de Bowden, R.J. “The generalized value at risk admissible set: constraint consistency and portfolio outcomes”, Quantitative Finance (2004).

Sendo x os inputs e y os outputs, S é a máxima eficiência/produção possível, ou seja, a fronteira de eficiência. Segundo Farrell, toda região abaixo desta fronteira é admissível, ou seja, o Conjunto Viável de Produção. (Farrel, 1957)

Assim, a DMU A é ineficiente uma vez que não está localizada na fronteira de eficiência e menos produtiva que C e B $[P_{T_A} = \frac{\overline{OY}}{\overline{OX}}]$.

A DMU B é eficiente embora menos produtiva que C.

Por fim, a DMU C é composta por eficiência técnica e elevada produtividade uma vez o declive $[OC] > [OB]$ tendo uma utilização mais eficiente dos seus recursos em comparação com as restantes DMUs $[P_{T_C} = \frac{dy}{dx} = \frac{\overline{OY}}{\overline{OX}}]$.

Assim, sendo C a unidade mais produtiva, o segmento de recta [OC] tem por declive a derivada da função que relaciona produção com recursos, caso esta derivada exista.

Por outro lado, o facto de existir muita produção ou elevado montante de output não significa que estejamos perante elevada produtividade, ou seja, a produtividade é a relação entre o produzido e o custo de produção, sendo que, esta relação é tanto maior quanto o aumento da eficiência.

Em suma, como vimos atrás o desempenho empresarial assenta num triângulo de avaliação de produtividade (eficácia, eficiência e economia).

Equação 7 - Modelo matemático para o cálculo da produtividade

$$Produtividade = \frac{Output}{Input}$$

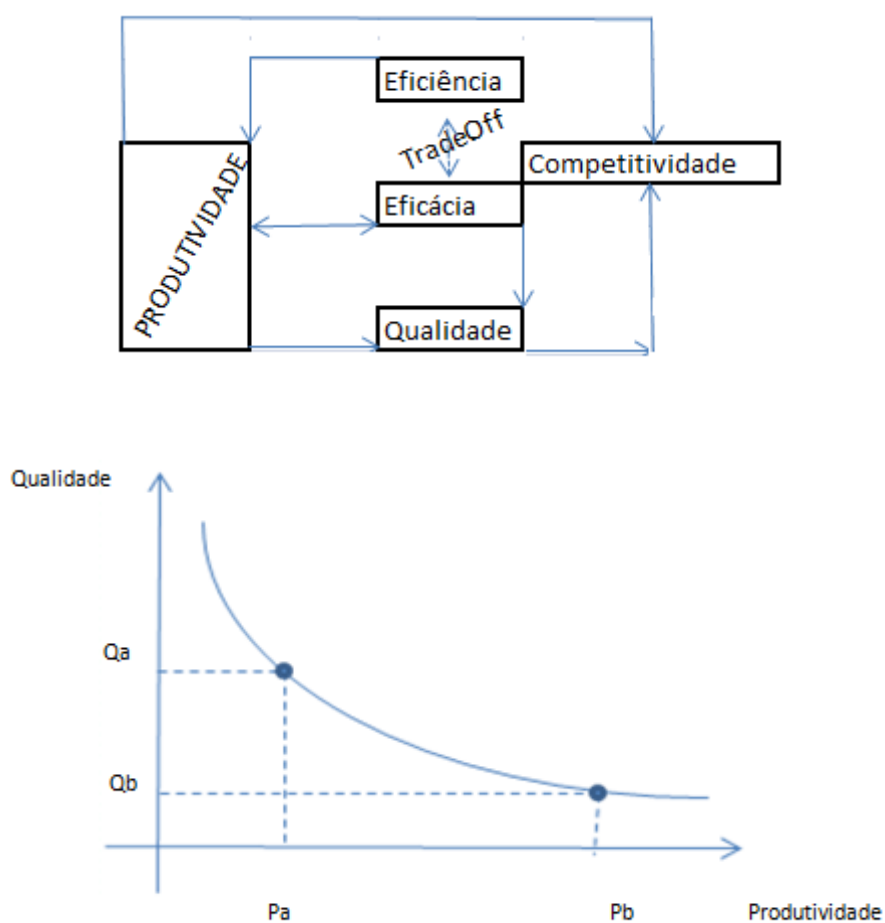
A eficácia é a medida em que os outputs de prestadores de serviços cumprem os objetivos estabelecidos por parte dos governos, ou seja, se determinada entidade atinge as metas definidas. Por sua vez eficiência é o sucesso com que uma organização utiliza seus recursos para produção de resultados, ou seja, o grau em que a utilização de recursos observada para produção de outputs de uma dada quantidade corresponde à otimização dos recursos. Desta forma, a melhoria do serviço público depende de eficiência e eficácia. Determinada entidade pública, prestadora de serviços públicos pode aumentar a eficiência medida através da eficácia do seu serviço. Será possível determinada entidade com a utilização menos inputs, prestar o mesmo serviço e servir o mesmo número de utentes/cidadãos com a mesma qualidade. Por isso mesmo, há grande relevância no desenvolvimento de indicadores de eficácia para prestadores de serviços públicos sendo hoje um conceito amplamente discutido.

Por fim, a produtividade surge como combinação da componente eficácia com a componente eficiência e economia de recursos, associado a um processo de produção. (Lovell, 1993). Combinando a produtividade com a efetividade obtemos o desempenho global. Zimmerman e Zeitz (2002), apontam oito critérios para a avaliação do

desempenho como aprovação tácita pela sociedade em que se insere: eficiência, crescimento do volume de negócios, resultados, dimensão, liquidez, sobrevivência, quota de mercado, e efeito financeiro de alavancagem.

Em baixo apresenta-se as relações entre as várias dimensões descritas anteriormente:

Figura 8 - Relação entre as várias dimensões associadas à produtividade



Fonte: Elaboração própria

3. Metodologia de avaliação de desempenho empresarial

No desempenho empresarial existem algumas perspectivas de análise. Entre as quais destaco a aprendizagem organizacional ao nível da aprendizagem produtiva que refletem os ganhos mediante técnicas de formação e tempo de trabalho; a implementação de processos operacionais com vista à produção, rendimento e incremento de valor; utente ao nível da satisfação do cidadão; e financeiro do ponto de vista de equilíbrio de contas e rentabilidade.

Para Maximiniano (2000), os gestores devem reunir condições para a análise do desempenho da empresa como um todo através de diferentes dimensões, mesmo que apresentem um grau elevado de complexidade ao nível da gestão.

A evolução e complexidade do negócio, a exigência do cidadão e o momento económico-financeiro que atravessamos, leva a que haja necessidade de estudar a gestão do desempenho do SEL com a implementação de soluções integradas de análise.

Contudo, uma possível razão para a pouca existência de estudos é a dificuldade de desenvolver estudos empíricos e medidas de eficiência, com especial destaque para a medição de desempenho e processos de “benchmarking”, que traduzam a eficiência com a presença de diversas variáveis com influência sobre os serviços locais dos quais destaco:

1. Primeiramente, os serviços fornecidos (outputs) às populações podem ser complexos e/ou múltiplos existindo, desde logo, uma dificuldade para estabelecer causas ou consequências entre as serviços prestados e os resultados finais que se pretende alcançar, que podem apenas ser alcançados a longo prazo.
2. Posteriormente, o SEL pode ter dificuldades em encontrar o custo real de produção e dos serviços disponibilizados. Por exemplo pode haver dificuldades de imputação de custos entre diferentes atividades/tarefas sendo desde logo o prazo uma barreira.
3. A existência de complexidade dos serviços do governo local devido a interação de serviços relacionados como por exemplo as possíveis externalidade positivas e/ou negativas de cada serviço.

4. Existe uma hierarquia a cumprir que pode afetar determinada decisão e muitas partes interessadas que dificultam a medição de eficiência como sendo colaboradores, utentes e demais agentes económicos.
5. Por fim, as restrições de melhoria de eficiência apresentadas pelos vários agentes com influência no SEL. Por exemplo, os argumentos de vários políticos ao nível das despesas de cada entidade restringindo a capacidade dos órgãos do governo local para alterar o comportamento de forma eficiente.

Este é um tema comum que atravessa diferentes dimensões ao nível do governo local através de recursos discricionários e não discricionários, sendo que o governo pode ter uma influência importante sobre a sua relação de desempenho em diferentes contextos seja por imposições políticas ou o próprio ambiente empresarial.

Os governos podem usar medidas de desempenho para:

- Estimular o desenvolvimento de políticas, através do desempenho do governo acerca de aspectos operacionais (qual o mercado-alvo, que o utente, o grau de concorrência, ...);
- Monitorizar o desempenho do gestor do sector público e melhorar a prestação de contas;
- Promover o critério de concorrência fornecendo técnicas de comparação da performance de gestores num contexto de monopólio;
- Analisar as relações entre entidades e tipo de atividade similares de modo a permitir a coordenação similar;
- Auxiliar o processo de alocação de recursos, fornecendo meios de atribuição de financiamento com base em planos para melhorar o desempenho.

A medição de desempenho com base em comparações entre entidades é também uma prática útil no sentido em que aplicar praticas consideradas como eficientes são proveitosas e incrementam valor noutras entidades.

Assim, os gestores podem usar a medição de desempenho para:

- Identificar diferenças de desempenho;
- Concentrar a atenção noutras organizações com melhor desempenho para que sejam adotadas práticas uteis noutras organizações.

O objetivo de medir o desempenho comparativo não é apenas para fornecer uma simples classificação mas sim facilitar a melhoria de um programa de desempenho.

Identificar as principais lacunas de eficiência pode dar o impulso para ser repensado o método de execução. Tem havido muito foco acerca da abordagem de melhoria contínua na gestão de entidades públicas, mas esta abordagem pode limitar a visão dos gestores para pequenas mudanças no procedimento. Todas as entidades têm pelo menos um aspeto positivo o qual serve de exemplo e, na ausência de concorrência a partilha de informação é uma excelente forma de transferência e adoção das melhores práticas.

Desta forma, o processo de medição de desempenho tem intrinsecamente variações e, portanto, oferece uma vontade de melhoria de desempenho constante. Assim, a medição de desempenho requer uma articulação e compreensão clara dos recursos usados com vista à produção eficiente de outputs no processo de prestação do serviço. A criação de inputs e outputs transparentes permite uma avaliação da razão pela qual cada recurso está a ser usado de forma a disponibilizar determinados outputs e delineando os objetivos e prioridades da organização na prestação do serviço.

No entanto, nenhuma técnica ou medida de desempenho individual pode fornecer uma resposta global sendo que a análise quantitativa envolve limitações significativas. Consequentemente, pode ser desejável a utilização de resultados obtidos em diferentes abordagens para avaliar o que determinada entidade está a realizar e o que necessita para obter um bom desempenho. Por isso, cada entidade pública deve ter interesse em desenvolver e aplicar novas técnicas e abordagens para medir o seu desempenho.

4. Metodologias de avaliação de eficiência

As metodologias de cálculo de eficiência incluem diversas incertezas provenientes de diferentes fontes que muitas vezes são representadas sob a forma de distribuições de probabilidade. Por norma, uma prática comum é o cálculo de estimativas de média e variância das distribuições de forma a atingir os resultados de avaliação de desempenho. No entanto, é possível a utilização de outras estimativas de tendência central e variância ao invés de utilização de média e desvio padrão. Estas distribuições podem ser classificadas em quatro classes (distribuição normal e Modelo de Gaussian ou Mixture of Gaussian; e Distribuição não normal e Distribuição multimodal) conforme quadro abaixo representado.

Tabela 2 - Metodologias do cálculo de eficiência sob a forma de distribuições de probabilidade

	Normal Distibution	Mixture of Gaussian	Non-Normal Distribution	Multimodal (Non-Normal)
	Parametric		Non-Parametric	
Central Tendency	- Mean	- Means - Pesos	- Mean - Median - L- estimator - M-estimator	- Dominant Median - Multiple medians - L- estimator - M-estimator
Variancy	- Sample standard derivation - IQR (Intel quartil range)	- Sample standard deviations	- MAD – Mean Absolute Deviation - MdAD – Median Absolute Deviation - Bootstrap methods, IQR	

Fonte: “Prognostics Performance Evaluation”, National Aeronautics and space administration

As metodologias para o cálculo de eficiência podem ser calculadas como paramétricas e não paramétricas mediante utilização de forma funcional ou não para a tecnologia de produção.

Assim, as metodologias paramétricas por um lado possibilitam a medição do erro mas por outro restringem o conhecimento do seu comportamento (Coelli, 1998)

Tabela 3 - Metodologias para o cálculo de eficiência

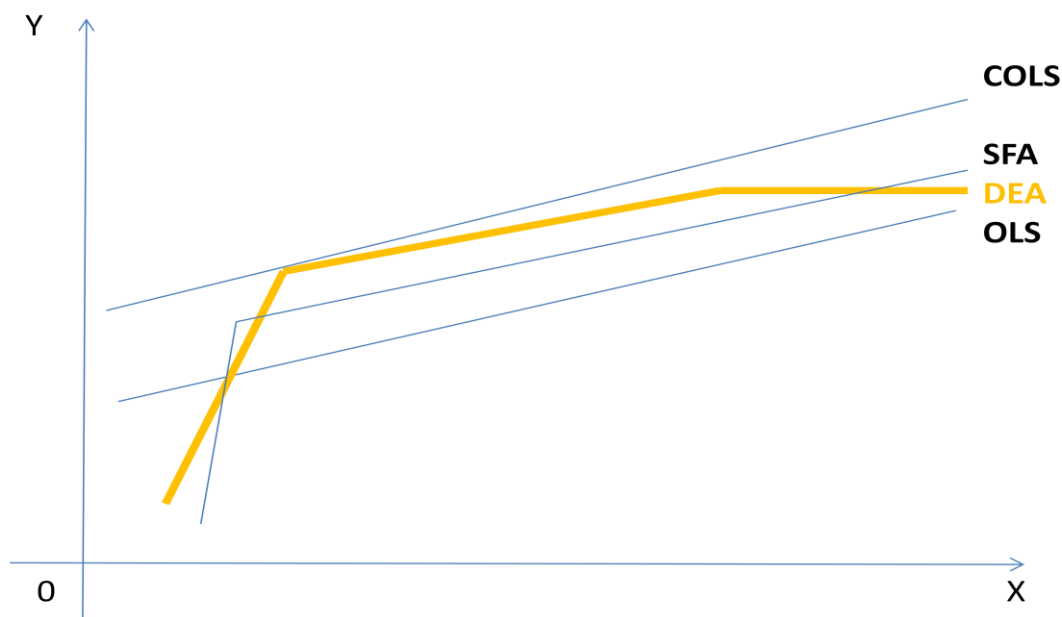
Metodologias de Cálculo de eficiência	<i>Metodologia Paramétrica</i>	Met. Fronteira	SFA
			COLS
		Met. Não Fronteira	OLS
	<i>Metodologia Não Paramétrica</i>	Met. Fronteira	DEA
		Met. Não Fronteira	Núm. Índices

Em cima apresento as metodologias mais praticadas e mais eficientes ao nível da sua utilização sendo que as fronteiras estocásticas (SFA) e os modelos de regressão são paramétricas e, o modelo DEA e os Números de Índices são não paramétricas.

Existe ainda uma subclassificação, ou seja, metodologia fronteira ou não fronteira em função de assumirem ou não DMUs tecnicamente eficientes que, segundo Coelli dependem de benchmarks assentes em aproximações ou nas melhores experiências práticas. (Coelli, 1998). Desta forma, os modelo DEA, SFA e COLS baseiam-se em metodologias de fronteira enquanto que os Índices de Números Quadrados e os modelos de regressão OLS se baseiam em metodologias não-fronteira.

Assim, o modelo DEA sendo não paramétrico baseia-se em estudos empíricos, enquanto que os modelos OLS, COLS e SFA se baseiam numa função de produção.

Figura 9 - Metodologias do cálculo de eficiência baseados em modelos de fronteira e modelos de regressão



Fonte: Adaptado de Marques, R. e D. Silva (2006). “Inferência estatística dos estimadores de eficiência obtidos com a técnica fronteira não paramétrica de DEA. Uma metodologia de Bootstrap”.

Pela análise do gráfico anterior as metodologias fronteira superam as metodologias não fronteira, sendo que o mesmo não ocorre relativamente às metodologias paramétricas e não paramétricas.

A SFA é traduzida numa complexidade metodológica tendo em conta as elevadas suposições em torno da justificação estatística do erro pelo facto de não existir justificação teórica. Enquanto que segundo Bosworth e Burns, os resultados obtidos do Modelo DEA não estão sujeitos a inferência estatística o que no domínio empírico minimiza o potencial da sua aplicabilidade (Bosworth, 1996 e Burns, 2000).

Por este motivo, segundo Tavares o sustento de supremacia encontra-se na aplicabilidade do Modelo DEA. (Tavares, 2002).

4.1 Modelo DEA

Em Portugal, o modelo DEA é usado como um forte instrumento de análise da eficiência do sector público¹⁴ estando já relativamente bem estabelecido em muitos países desenvolvidos do mundo.

No entanto, existe cada vez mais a necessidade de investigar o impacto de fatores contextuais que influenciam as medidas de eficiência relativa como sendo o sistema legislativo, as decisões superiores, o aumento da população, o nível de autossuficiência, a capacidade financeira e o crescimento dos meios urbanos (Worthington, 1999). Desta forma, neste capítulo irei estimar a eficiência da produtividade da gestão administrativa do SEL aplicado ao sector da distribuição de águas, seguindo o Modelo DEA¹⁵.

O desempenho da prestação do serviço ao cidadão pode ser variável mediante cada entidade. Assim, o desempenho será tão diferente quanto à gestão do serviço e as receitas e despesas. Desta forma, as medidas de desempenho comparáveis são de maior valor quando:

1. Existe interligação entre os objetivos do serviço prestado e provisão para uma prestação de contas responsável;
2. Não existe pressão do mercado competitivo sendo que a comparação resultante de medidas de desempenho e o critério de concorrência pode fornecer em alternativa uma pressão para melhorar o desempenho intrínseco de cada entidade.

Os cidadãos interessados são capazes de usar a informação pública disponível acerca do desempenho de diferentes prestadores de serviços para tornar as entidades mais responsáveis no que concerne à despesa de recursos do contribuinte de forma mais eficaz.

14 No Japão, DEA é usado para medir a eficiência de actividades publicas incluindo serviços de transporte público, policia, bombeiros, serviços de fornecimento de água, hospitais públicos, serviços ferroviários, bibliotecas, ocupação do espaço habitacional e repartição de finanças publicas [Fukushige and Miyara (2002 e 2003), Nakayama (2002 e 2004), Nemoto (2004), Kinugasa (2005) e Umemura e Ogawa (2006). Além da avaliação de eficiência de cada serviço individualmente, DEA foi também aplicado, assumindo cada Governo Local como uma entidade, para medir a eficiência de fornecimento de serviços públicos locais [De Borger et al. (1994) e De Borger and Kerstens (1996)].

15 Os modelos básicos da DEA são largamente conhecidos e foram apresentados por Tone (1994), Nemoto (2004).

Em alternativa existe a possibilidade destes métodos de estudo de eficiência apresentados serem efetuados em duas fases distintas através da utilização de modelos/métodos econométricos para estimar a relação entre recursos e resultados de eficiência. Deste modo, os resultados de eficiência podem ser ajustados ao longo do tempo mediante a informação disponível. As principais vantagens são o facto de existir a possibilidade de serem efetuados ajustes aos recursos apresentadas não estando perante suposições acerca da influência direta da informação contextual e, o facto de permitir testes estatísticos de significância. Ray (1988, pp. 175) argumenta designadamente que a vantagem da regressão numa segunda fase é que permite uma forma funcional de $f(x)$ que determina (estocasticamente, exponencial finito fracionário) a produtividade máxima do nível de output a partir de um conjunto de inputs observados para qualquer nível de produtos não discricionários¹⁶.

Ray (1988; 1991) empregou um termo de perturbação negativo para assegurar que a eficiência prevista nunca caia abaixo da eficiência observada quando se utiliza a regra dos mínimos quadrados para esse fim. Em simultâneo, Lovell, Walters e Wood (1993) usaram a regressão Tobit para resolver o atributo estático encontrado nos resultados de eficiência. Em alternativa Rouse, Putterill e Ryan (1997) propuseram o Modelo DEA que inclui inicialmente outputs controláveis mas apenas fatores exógenos como inputs. Rouse, Putterill e Ryan (1997, pp.8) têm argumentado que os valores de output de cada DMU ineficiente são atualizados até à fronteira possibilidades de produção (FPP) pelas folgas radiais e não radiais de modo a garantir que todas as DMUs operam em igualdade de circunstâncias no que respeita a fatores não controláveis (exógenos). Os outputs ajustáveis e os inputs controláveis são incluídos numa segunda fase do Modelo DEA de forma a produzir resultados de eficiência ajustados a alterações exógenas.

Múltiplas abordagens usadas para incorporar contextualmente a informação na análise de eficiência sugerem uma avaliação crítica de teses técnicas (Fried et al. 1995), encontrando duas motivações evidentes:

- a) Primeiramente, diferentes técnicas econométricas e matemáticas podem produzir diferentes medidas de eficiência, absolutas e relativas; e, com a desvantagem de

16 “The advantage of second stage regression is that it allows one to leave the functional form of $f(x)$ unspecified and still determine the (stochastically) maximum output level producible from an observed input bundle for any level of the nondiscretionary inputs.”

que uma rigorosa comparação empírica pode destacar alguns dos problemas encontrados no uso de abordagens alternativas e se usar um método sobre outro poderá levar à existência e produção de falsas conclusões.

- b) Em segundo lugar, as tomadas de decisão de níveis hierárquicos superiores em torno de fatores exógenos que envolvem o interesse comum.

Através das eficiências observadas pelas entidades, o Modelo DEA pode ajudar a identificar possíveis “benchmarks” (pontos de referência) para que a melhoria de desempenho seja um especto primordial. As combinações ponderadas de boas práticas e os próprios grupos de interesse provisionam “benchmarks” próprios para entidades relativamente menos eficientes. Os níveis reais de utilização eficiente de inputs e sucessiva produção de outputs podem servir como metas específicas para as entidades menos eficientes enquanto que os processos de entidades de referência pode ser utilizada também pelos gestores das entidades com o objetivo de melhoria de desempenho.

Estimar a eficiência do ponto de vista do Modelo DEA partiu primeiramente por intermedio de Charnes, Cooper e Rhodes, em 1978, com a publicação de um artigo de introdução à avaliação de eficiência (Charnes, 1978) e (Banker, 1984). Este artigo teve por base reavaliar os resultados de eficiência obtidos através de técnicas de programação linear, publicados anteriormente por Farrel ao nível do desempenho da agricultura nos EUA (Farrel, 1957).

Assim, o modelo DEA numa primeira instância foi desenvolvido com a designação CCR e veio minimizar as dificuldades sentidas em como medir os níveis ótimos de desempenho e a eficiência técnica.

A questão prende-se com o facto de perceber como o contexto exógeno num contexto operacional podem ser melhor incorporado através de estudos de eficiência microeconómica, com especial destaque para Data Envelopment Analysis (DEA) ou Modelo DEA.

As “decision-making units” (DMU) com múltiplos inputs e outputs (Charnes et al., 1978) que são alvo de avaliação de eficiência tratam-se de um grupo de organizações,

uma entidade ou um departamento/unidade de negocio específico¹⁷ e podem analisar comparativamente unidades independentes no que respeita ao desempenho operacional (Charnes, 1978). Desta forma, os gestores têm um conhecimento estruturado do funcionamento de cada departamento.

Conforme referido anteriormente, o Modelo DEA é uma técnica de investigação operacional que tem por base a programação linear que constrói uma fronteira de produção não paramétrica, medidas relativas de DMUs e identifica, aparentemente os melhores prestadores de serviços pela sua capacidade de produzir o maior nível de serviços com um dado conjunto de inputs ou determinados serviços com menor quantidade de inputs. Outros prestadores de serviços recebem um resultado de eficiência determinado pelo seu desempenho comparativamente com outras entidades com elevada eficiência. A eficiência relativa das DMUs é medida pela estimativa do rácio entre o peso dos outputs com o peso dos inputs em comparação com as outras DMUs. Através do Modelo DEA a teoria de produção omite a lacuna entre a noção teórica e a função de produção com a relação entre os inputs e os outputs selecionados baseado no comportamento ótimo observado. O modelo DEA pode também ser usado para o benchmarking visto que fornece ineficientes DMUs com referências conjuntas que podem ser usadas como benchmarks (Post e Spronk, 1999). Assim, cada DMU é caracterizada como eficiente ou ineficiente.

O modelo DEA convencional assume que os inputs são substituíveis entre si, e que os outputs são igualmente substituíveis entre si. Contudo, frequentemente alguns artigos acerca do DEA incluem produtos que não podem ser substituíveis entre si e recursos que também não podem ser substituíveis entre si. No entanto, é possível demonstrar nos modelos DEA convencionais reportam resultados ineficientes quando os inputs e outputs são insubstituíveis. Irei utilizar uma base de dados real de forma a ilustrar as diferenças entre fronteiras eficientes de variáveis substituíveis e não substituíveis. Assumindo inputs e outputs não substituíveis, irei comparar os resultados DEA a partir do modelo DEA convencional a partir de um novo modelo, o modelo “Fixed Proportion Additive” (FPA), que desenvolve um acordo com variáveis não substituíveis.

17 Dado que a DEA é particularmente adequado para o serviço público e outras organizações sem fins lucrativos, bem como empresas do setor privado, as unidades individuais examinados são muitas vezes referida como a tomada de unidades de decisão (DMU), em vez de empresas.

Esta metodologia com o auxílio de programação matemática não paramétrica, gera uma envolvente dos planos de produção observados. Todos os planos de produção pertencentes a esta envolvente, designada por fronteira de produção, são tecnicamente eficientes e os seus níveis de consumo e de produção são ótimos.

Os Inputs substituíveis podem ser usados indistintamente da quantidade de produção fixada (output). Se uma DMU eficiente utiliza menos que um input, então deve ser utilizado mais inputs, desde que o output seja constante. Os modelo DEA e “Free Disposal Hull” (FDH) assumem que os inputs são substituíveis (Tulkens, 1993; Färe, Grosskopf and Lovell, 1994; Thrall, 1999; Coelli et al., 2005; Cooper, Seiford and Tone, 2007).

Os Inputs não substituíveis não podem ser substituídos entre si na produção de unidades definidas de outputs, ou seja, não haver fatores substituíveis. Mais comumente, os inputs mais utilizados são fixados numa proporção fixa de produção de outputs. Nenhuma quantidade em excesso de inputs em proporção é desperdiçada. Tais tecnologias de produção geralmente são referidas como tecnologias de Leontief ou como fator fixo proporção (Beattie and Taylor, 1985; Barnum and Gleason, 2006). A proporção pode variar entre a DMU internamente eficiente devido a influências ambientais, mas nunca seria possível para uma DMU eficiente manter uma produção constante, aumentando uma input não substituível e diminuindo a outra.

Por outro lado, se os outputs são não substituíveis, uma eficiente DMU não pode alterar a quantidade de cada um que é produzida por ajustamento da proporção de input fixado, ou seja, para uma determinada quantidade de input em proporção com o output fixado. Os outputs podem ser não substituíveis porque a sua produção é inesperada, visto que:

- a quantidade de um output determina a quantidade de outro output;
- o input que é usado não está alocado ao conjunto de outputs envolvidos;
- o input é inerentemente não alocável (Beattie and Taylor, 1985; Barnum and Gleason, 2006).

Tal como acontece com os inputs não substituíveis, o rácio de outputs não substituíveis pode variar entre DMUs internamente eficientes devido a influências ambientais.

Contudo, nunca pode ser possível para uma DMU eficiente aumentar um output não substituível e diminuir outro, realocando os inputs.

O facto de cada variável ter como exigência a homogeneidade é uma suposição omnipresente para o modelo DEA (Charnes, Cooper and Rhodes, 1981; Dyson et al., 2001). Em suma, as características relevantes de um determinado tipo de input/output são consideradas idênticas em todos os casos que envolvam esse mesmo input/output. De forma a classificar de forma correta as variáveis como substituíveis ou não substituíveis, estas devem ser suficientemente homogêneas para que quaisquer diferenças restantes não afetem a sua substituição.

A metodologia DEA apresenta essencialmente as seguintes características:

1. Constrói uma medida simples para relacionar a soma ponderada dos inputs com a soma ponderada dos outputs, resultando uma eficiência ou ineficiência de determinada DMU relativamente às outras. Os fatores de ponderação são calculados pela própria metodologia e não estão sujeitos a critérios de seleção subjetivos. É possível ainda determinar um conjunto de pesos que maximize a eficiência por cada DMU.

2. A eficiência pode ser determinada em termos de:

- Eficiência padrão: eficiência global que atribui 100% à DMU eficiente;
- Eficiência inversa: trata-se da fronteira de ineficiência invertendo inputs em outputs e vice-versa;
- Eficiência composta: resultado das fronteiras anteriores obtido pela média aritmética entre a eficiência padrão e a subtração da eficiência invertida;
- Eficiência composta normalizada: obtido pelo quociente entre a eficiência composta de determinada unidade e a eficiência composta máxima obtida.

3. Pode ser utilizada uma quantidade indiferenciada de DMU's, de inputs e de outputs. Contudo, Banker, Charnes e Cooper em 1984, definiram uma regra baseada em programação matemática, para o número de inputs e outputs que podem ser utilizados em relação à quantidade de DMU's a serem analisadas. [BANKER, 1984]

$$n \geq \max[m * s; 3 * (m + s)]$$

Equação 8 - Condição de aplicabilidade do Modelo DEA – Modelo de Banker

Onde, “n” é o número mínimo de DMUs, “m” o número de inputs e “s” o número de outputs.

4. Permite indicadores de inputs e de outputs com unidades de medida diferentes evitando a conversão de todos os recursos e produtos em unidades de medida similares.

5. Sendo uma metodologia que usa fronteiras e é não paramétrica permite:

- Utilizar informação empírica;
- Segundo Maçada e Becker (1999) não requer formas funcionais específicas para relacionar as variáveis independentes (inputs) com variáveis dependentes (outputs);
- Adota o conceito de eficiência no sentido de Pareto-Koopmans, apresentado anteriormente;
- Define a produtividade máxima no ponto de eficiência (recurso/produto).
- Não requer dados sobre preços para a construção da fronteira de produção empírica;
- A ineficiência técnica de unidades individuais é dada pela distância radial relativa à fronteira de produção;
- Quando todas as DMU's são simultaneamente colocadas na fronteira estabelecida, tornam-se eficientes.

6. Aplicada a grupos homogêneos, isto é:

- Atuam sob as mesmas condições de mercado;
- Realizam as mesmas tarefas com metas idênticas;
- Utilizam os mesmos inputs e produzem os mesmos outputs diferindo apenas na quantidade. (Golany, 1989)

7. A consideração ou não de uma ou mais unidades no conjunto de observações altera os valores da produtividade relativa para todas as unidades em avaliação. (Badin, 1997)

8. Cada observação individual é otimizada com o objetivo de calcular uma fronteira de eficiência determinada pelo conjunto de DMU's;

9. Parte do pressuposto que o objetivo de uma unidade de produção DMU ineficiente é identificar alternativas para operar na fronteira de eficiência sendo que cada uma das DMU's deseja operar com elevada produtividade (com eficiência e eficácia). A metodologia possibilita identificar possíveis causas de ineficiência produtiva de um plano de ação e indicar possíveis soluções ou melhorias.

10. Utilizam a teoria da dualidade em programação matemática, sendo que um dos duais fornece os “benchmarks” e o outro fornece os pesos a serem atribuídos às variáveis.

Em síntese o conjunto de atributos que caracterizam os modelos DEA podem ser classificados quanto: à orientação, ao retorno de escala e tipos de medida.

Tabela 4 – Caracterização dos Modelos DEA

Caracterização dos Modelos DEA								
Orientação		Retornos à Escala					Tipo de Medida	
Recurso	Produto	CRS	FDH	VRS	NDRS	NIRS	Radial	Não Radial
		CCR		BCC				
Input	Output	Tipos de Fronteira						

Podem existir duas abordagens para incorporar contextualmente os fatores do modelo DEA.

- a) A primeira abordagem passa por avaliar todas as variáveis em simultâneo, incorporando fatores discricionárias e não discricionárias como variáveis endógenas de forma a atingir um cenário de eficiência sendo que este tipo de aproximação está limitada a técnicas não paramétricas como o Modelo DEA, que permite incluir de forma imediata variáveis categóricas e não discricionárias, sendo que podem estar definidos em diferentes unidades de medida.
- b) A segunda abordagem prende-se com o facto da análise ser executada numa primeira fase, onde os resultados do modelo usado apenas controlam os inputs e outputs que podem ser posteriormente ajustados numa segunda ou mais fases, devido, por exemplo, a fatores externos. Este ajustamento, em diferentes fases, é

válido tanto para abordagens paramétricas como não paramétricas de forma a medir a eficiência de determinada entidade ou atividade.

Assumindo a abordagem de existência de apenas uma fase, as técnicas utilizadas são múltiplas e diferenciadas.

- a) O primeiro método trata-se de ignorar as externalidades e o contexto em que estamos inseridos (Fried et al. 1995), isto é, os fatores que influenciam os resultados (seja internos e controláveis ou externos e não controláveis) são tratados como fatores (inputs e outputs) discricionários ou, se possível, são excluídos totalmente da análise deixando de ser desta forma fatores influenciadores. No entanto, existindo apenas uma fase de análise com inputs e outputs pouco heterogêneos (discricionários ou não) o grau de eficiência medido pode não ser refletido da forma mais correta, com a possibilidade de estar a enviesar resultados. De acordo com S.C. Ray, incluindo inputs não discricionários no modelo de DEA equivale a descartar livremente esses inputs.
- b) O segundo método apenas compara organizações que operam em atividades similares, isto é, a comparação apenas pode ser feita em torno de tecnologias rigorosamente iguais. Contudo, este método reduz substancialmente e enviesa os resultados de eficiência diminuindo, por isso, as recomendações futuras (Fried et al. 1995; Rousse et al. 1996). Além disso, reduz o número de observações nas abordagens não paramétricas para medir o aumento de eficiência de uma dada observação (Banker 1993; 1996).

Por fim, é apresentado um método que incorpora diretamente a informação na análise através do Modelo DEA. No caso de modelos com inputs/outputs orientados, pode não ser relevante maximizar/minimizar a diminuição/aumento proporcional do vector total de inputs/outputs em detrimento da maximização/minimização devendo ser apenas determinado respeitando os subvectores que compuseram os inputs discricionários. Assim, a informação contextual contribui para restrições colocadas sobre as DMUs e não as melhorias de eficiência solicitadas. Worthington (1999) e Duncombe, Miner e Ruggiero (1997) usaram este método nos seus estudos.

O ambiente em que um prestador de serviços opera pode ter influencia sobre o seu desempenho relativo se outros prestadores operarem em diferentes ambientes com vantagem competitiva. Muitos desses fatores operacionais (exógenos) estão sob o controlo dos gestores e, ignora-los na avaliação pode resultar em resultados falseados. O clima, o ambiente territorial, a proximidade do litoral, a situação socioeconómica, as restrições governamentais e a pressão sindical, entre outros, sendo fatores que estão fora do controlo dos gestores podem afetar o desempenho de determinada entidade.

Coloca-se a questão de como ajustar estes fatores exógenos que estão além do nosso controlo ou como minimizar os seus efeitos nefastos.

Assumindo alguns destes pressupostos, determinada entidade numa região mais pobre pode não ser comparada com outra entidade que opera na mesma atividade mas numa região mais rica. Esta situação pode falsear os resultados na medida que o output que deriva do mesmo input embora em circunstancias variáveis. Desta forma apenas é possível determinar qual a entidade melhor sucedida na transformação dos seus inputs em outputs.

4.2 Os Modelos Clássicos da análise DEA

Os Modelos clássicos DEA são o CCR e o BCC. Estes modelos orientam-se conforme a função objetivo do modelo, se orientados para os inputs se para os outputs. Analisamos abaixo a fronteira de eficiência e economias de escala sob o ponto de vista dos dois Modelos Clássicos DEA:

[illegible]

O modelo básico DEA na medida de CCR foi inicialmente desenvolvido por Charnes et al (1978). O modelo CCR caracteriza-se pela proporcionalidade entre os inputs e os outputs, isto é, o cenário de um aumento da quantidade de inputs com aumento proporcional dos outputs (Charnes, 1978). Esse modelo pressupõe uma fronteira de retornos constantes à escala – “Constante Returns to Scale (CRS). O CCR deriva do modelo CCRin, acrescentando-lhe algumas restrições de escolha de economia de escala:

51

A escolha do tipo de economia de escala é feita pela inclusão da restrição “ σ condição”. Cada tipo de fronteira é obtido consoante o valor atribuído a σ , ou seja:

- Se $\sigma = 0$, então o modelo é de retornos constantes de escala – CRS ou CCR;
- Se $\sigma < 0$, então o modelo é de retornos não decrescentes de escala – NDRS;
- Se σ livre, então o modelo é de retornos variáveis de escala – VRS ou BCC;
- Se $\sigma > 0$, então o modelo é de retornos não crescentes de escala – NIRS;
- Se $\varepsilon=0$, então algumas variáveis de determinada DMU podem não ter valor anulando a utilidade da DMU, impondo não negatividade aos pesos ($v_i > 0$ e $u_i > 0$), então as DMU's são “obrigadas” a considerarem a importância mínima a todos os fatores de produção.

A utilização do modelo CCR a operar numa escala não ótima pode resultar em que as medidas de eficiência técnica possam ser confundidas com medidas de eficiência de escala, ou seja, não pode discriminar a eficiência de escala através de uma eficiência técnica devido às constantes suposições de retornos de escala. Desde que os pesos aplicados a outras DMUs não gerem uma razão superior a 1, cada DMU escolhe os pesos de cada variável.

Ao nível faccionário apresento os modelos abaixo de Charnes, 1978:

Output oriented

$$Máx\ Eff_0 = \left(\frac{\sum_{f=1}^s u_f y_{f0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} \right)$$

s. a.

$$\frac{\sum_{f=1}^s u_f y_{fk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

Input oriented

$$\text{Máx } h_0 = \left(\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}} \right)$$

s. a.

$$\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}{\sum_{f=1}^s u_f y_{f0}}$$

$$u_f, v_t \geq 0, \forall t, j$$

Assim, temos que:

- Eff_0 é a eficiência da DMU_0 (inputs oriented);
- h_0 é a eficiência da DMU_0 (outputs oriented);
- v_i são os pesos dos inputs $i, i = 1, \dots, r$;
- u_j são os pesos dos outputs $j, j = 1, \dots, s$;
- X_{ik} e Y_{jk} são os inputs i e outputs j da $DMU_k, k = 1, \dots, n$;
- X_{i0} e Y_{j0} são os inputs i e outputs j da DMU_0 ;

Sendo um problema não linear de difícil execução é transformados em problemas de programação linear sendo que a função objetivo deve ser igual a uma constante. Desta forma, deverá garantir os seguintes requisitos:

1. Supõe-se que $\sum_{t=1}^r V_i X_{tk} = C$;
2. Parte-se do pressuposto que na maximização de uma fração o que realmente importa não são os valores individuais, mas sim os valores relativos que alcançam o numerador e o denominador, isto é, que se alcançará o mesmo valor ótimo da fração Eff_0 , que maximizando o numerador da mesma e igualando o denominador a uma constante C . Normalmente utiliza-se o valor $C = 1$.

A formulação do modelo CCR orientado a inputs (CCR in) para um caso de k inputs, m outputs e n DMUs é a seguinte para a DMU_0 :

CCR_{in}

$$\text{Máx } Eff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}$$

s. a.

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

CCR_{out}

$$\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0}$$

s. a.

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{j0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$u_j, v_i \geq 0, \forall i, j$$

Descrevendo as restrições temos que:

- (1) – É a função objetivo, que procura maximizar os outputs.
- (2) – Mantém os outputs constantes variando a combinação linear dos inputs.
- (3) – A soma dos outputs não pode ser maior que a dos inputs sendo uma aplicação da definição de eficiência.
- (4) – É a restrição de não negatividade.

As ponderações associadas aos outputs u e inputs v , são os valores calculados pela maximização. As ponderações obtidas representam os valores atribuídos a cada input e

output com vista a atingir o maior índice de eficiência possível para cada DMU gerando um índice de eficiência compreendido entre [0, 1]. As ponderações das DMUs, são tanto maiores quanto menos recursos forem utilizados e quanto maior for a produção. As medidas de eficiência obtidas a partir dos modelos CCR são medidas de Eficiência Técnica Global, conhecidas por medidas de Debreu-Farrell. (Debreu, 1951; Farrell, 1957)

Podemos desenvolver um modelo orientado a outputs, ou seja, que maximize as saídas mantendo inalteradas as entradas. Neste modelo, as variáveis de decisão são as mesmas do modelo orientado a inputs.

Assim, no caso do modelo CCR, as duas orientações fornecem o mesmo valor de eficiência, no entanto, com ponderações diferentes.

A estrutura matemática destes modelos permite que uma DMU seja considerada eficiente com vários conjuntos de pesos. Deste modo, se o peso for igual a zero então significa que essa variável foi desconsiderada da avaliação.

Matematicamente, o valor para a função objetivo é o seguinte.

Equação 9 - Função objetivo

$$Effo_{CCRin} = \frac{1}{ho_{CCRout}}$$

Contudo, várias alterações foram sugeridas sendo que este problema foi colmatado com a aplicação do modelo BCC com retornos variáveis à escala (Variable Returns to Scale - VRS), que permite o cálculo da eficiência técnica sem os efeitos da eficiência de escala.

Portanto, Banker et al. (1984) sugeriu um novo modelo BCC considerando variáveis de rendimentos de escala, ou seja, as técnicas de eficiência com indicadores eficiência pura. O modelo BCC é caracterizado pelo facto do output de determinada DMU ser mais eficiente quando utilizada uma menor quantidade de input.

Podemos verificar rendimentos crescentes de escala (Increasing Returns to Scale - IRS), quando uma alteração nos inputs revela uma alteração mais do que proporcional nos

outputs. Inversamente, é possível verificar retornos decrescentes de escala (Decreasing Returns to Scale - DRS).

Assim, estaremos a utilizar inputs e outputs pelo axioma convexo, ou seja, a fronteira convexa que permite que reduzidos valores de inputs tenham Rendimentos Crescentes à Escala, sabendo que o inverso também se aplica.

O modelo deriva do modelo **BCCout**, acrescentando-lhe algumas restrições como sendo:

$$\begin{aligned}
 & Máx \quad h_o \\
 & s. a. \\
 & x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \beta_k \geq 0, \forall i \\
 & -h_o y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \beta_k \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \beta_k = 1 \\
 & \beta_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

Matematicamente, a convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional ao modelo envolvente. (Banker, 1984)

- DEA – Modelos BCC in, BCC out

BCC_{in}

Máx *ho*

s. a.

$$h_0 x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \beta_k \geq 0, \forall j$$

$$-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \beta_k \geq 0, \forall j$$

$$\sum_{k=1}^n \beta_k = 1$$

$$\beta_k \geq 0, \forall k$$

BCC_{out}

Máx *ho*

s. a.

$$x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \beta_k \geq 0, \forall j$$

$$-h_0 y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \beta_k \geq 0, \forall j$$

$$\sum_{k=1}^n \beta_k = 1$$

$$\beta_k \geq 0, \forall k$$

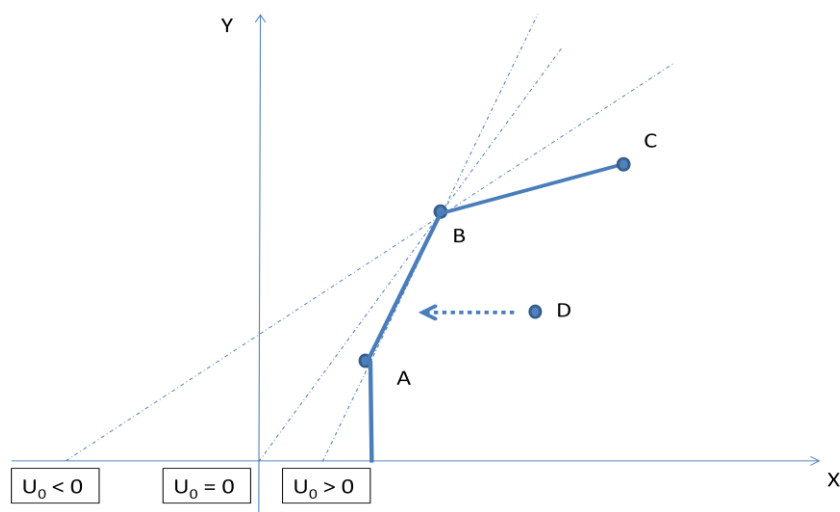
Descrevendo as restrições temos que:

- (1) – É a função objetivo, que procura maximizar os outputs.
- (2) – Mantém os outputs constantes ao variar a combinação linear dos inputs.
- (3) – A soma dos outputs não pode ser maior que a dos inputs sendo uma aplicação da definição de eficiência.
- (4) – É a restrição de convexidade.
- (5) – É a restrição de não negatividade.

Conforme descrito anteriormente, os dois modelos clássicos do método DEA podem ser distinguidos por dois fatores distintos: modelo orientado para inputs (“input-oriented model”); ou modelo orientado para outputs (“outputs-oriented model”).

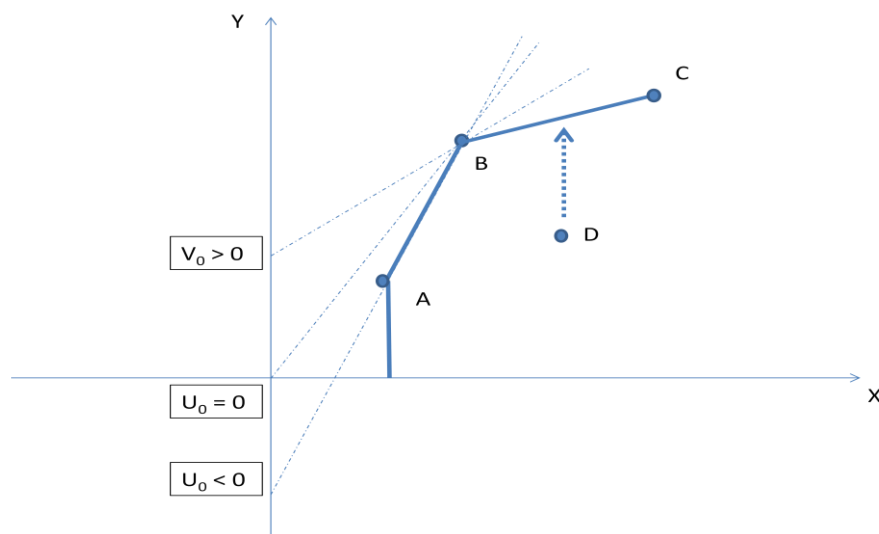
Os seguintes gráficos apresentam os fatores de escala para os casos de orientação inputs e a outputs para o Modelo BCC.

Figura 11 - Input Oriented



Fonte: Adaptado de Bhagavath, V., “Technical Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis: An Application in Transportation”

Figura 12 - Output Oriented



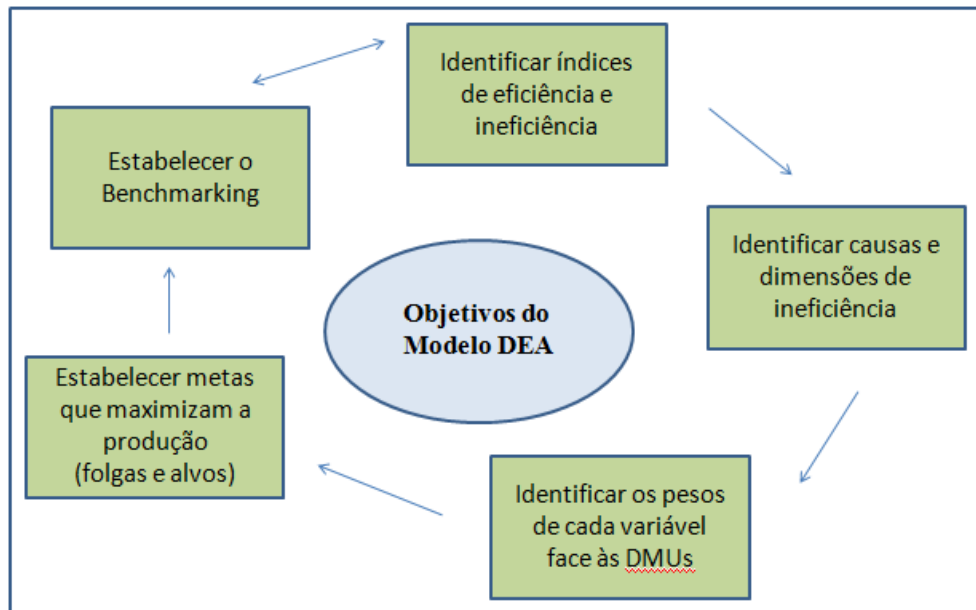
Fonte: Adaptado de Bhagavath, V., “Technical Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis: An Application in Transportation”

Assim, o Modelo orientado a inputs (“Input-oriented model”) pretende minimizar os inputs de acordo com a oferta de outputs, isto é, quando positivos, indicam retornos crescentes de escala; quando negativos, indicam retornos decrescentes de escala; e, caso sejam nulos, a situação é de retornos constantes de escala

Por outro lado, o Modelo orientado a outputs (“output-oriented model”) pretende maximizar os outputs de acordo com a oferta de inputs, ou seja, quando positivos, indicam retornos decrescentes de escala; quando negativos, indicam retornos crescentes de escala; e, caso sejam nulos, a situação é de retornos constantes de escala.

Por fim, apresento um gráfico resumo de todo o processo iterativo do Modelo DEA.

Figura 13 – Processo do Modelo DEA



Fonte: Elaboração própria

5. Estudo de caso do sector empresarial local

Através do Modelo DEA proponho o cálculo de eficiência ao nível do setor de distribuição de água do SEL. Assim, apresento o Modelo CCR aplicado sob orientação a inputs e outputs, que envolvem eficiências de escala referidas por Fare, Grosskopf e Lovell (1994).

De modo a efetuar o estudo em questão foi utilizado o software SIAD. O Modelo DEA envolve métodos de programação linear para a construção de resultados não paramétricos em torno dos dados disponíveis. O SIAD tem em consideração os modelos CCR (CRS) e BCC (VRS) orientados a input e output para atingir os resultados propostos. O SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão) trata-se de um software desenvolvido para análise do DEA (Angulo Meza, L. et al, 2003).

Neste capítulo a primeira questão com que me deparo prende-se com o facto de existir alguma dificuldade em apontar qual o melhor critério de avaliação a utilizar ou qual o critério que me irá fornecer a imagem mais verdadeira. Posteriormente, existe a dificuldade de obtenção de dados credíveis para a análise global de todas as DMUs de interesse e quais as DMUs que devem ser analisadas. Por fim depois de ter os dados desejados quais as variáveis a utilizar em cada modelo para medir a eficiência e traçar a sua fronteira de eficiência. A fronteira possibilidades de produção pode ser calculada através do uso de diferentes métodos, destacando-se o Modelo DEA e a fronteira estocástica que envolvem modelos matemáticos e econométricos. No entanto, o estudo concentra-se no Modelo DEA para efetuar o estudo em questão.

Fare (1957) apresentou inicialmente o Modelo DEA utilizando os trabalhos de Debreu (1951) e Koopmans (1959) para medir as medidas de eficiência de múltiplos inputs. Assim, apresentou a eficiência assente em duas componentes: eficiência técnica, que reflete a possibilidade de uma determinada entidade obter o máximo de outputs com a mesma quantidade de inputs; e a eficiência alocativa, que reflete a possibilidade de determinada entidade utilizar os inputs numa proporção ótima fornecendo os respectivos preços.

O seguinte estudo empírico envolve 19 entidades do SEL que assumem Retornos Constantes à Escala, que traduz o aumento das quantidades de todos os fatores produtivos na mesma proporção com utilização de diferentes quantidades de inputs e outputs dependendo do objetivo de cada análise. A aplicabilidade da análise centra-se em DMUs com o mesmo tipo de atividade “Captação, Tratamento e Distribuição de água” e o mesmo objetivo operacional. Depois de identificadas as DMUs eficientes, pretende-se que os desvios das restantes DMUs sejam minimizados através da aprendizagem de boas praticas e estratégias servindo de referencia ao processo de benchmarking através da estimação de uma função de produção linear por partes (piece wise linear frontier). Ainda no que respeita a estas DMUs não eficientes pretende determinar valores alvo para que se tornem eficientes.

No que respeita à seleção de variáveis foram analisados Relatórios e Contas das entidades do SEL que prestam serviços ao nível da “Captação, Tratamento e Distribuição de Água”. Foram consideradas as variáveis com mais expressão no universo indicado e aquelas que hipoteticamente teriam maior impacto na atividade normal de cada entidade. De forma a garantir a discriminação dos modelos aplicados (Meza, 1998) não deve ser selecionado uma quantidade extensa de variáveis pois poderá levar a que a maioria das DMUs estejam próximas da fronteira de eficiência e, no limite, sobre essa mesma fronteira de eficiência. Desta forma, seria não tão claro no sentido em que parte das variáveis seriam quase que ignoradas por não ter expressão na análise de uma quantidade abrangente de variáveis.

Sabendo que, por vezes, para a análise BCC o simples facto de determinada DMU ter uma dimensão a outra pode só por si ser considerada como eficiente (Mello, 2004), a análise seguinte irá centrar-se apenas no modelo CCR atribuindo uma maior fiabilidade dos resultados obtidos do que o modelo BCC. No entanto, irei ter em consideração quer a orientação a inputs quer a orientação a outputs no sentido de analisar a minimização do consumo de recursos em detrimento da maximização da produção e vice-versa.

O método de discriminação utilizado foi a “Fronteira Inversa” que tem por base a fronteira de ineficiência, ou seja, inverte os outputs em inputs e vice-versa e, efetua o calculo de eficiência composta e eficiência composta normalizada. Desta forma, será

possível identificar as DMU que são eficientes pelos resultados padrão embora ineficientes pela fronteira inversa¹⁸.

Através dos dados referidos será possível obter os poliedros de eficiência, os pesos das variáveis, os alvos e os benchmarks. Em todos os exemplos apresentados é testada a Regra de Banker, ou seja, uma regra que tem por base a programação matemática e define a interrelação entre o número de DMUs e os inputs e outputs utilizados para que o modelo seja válido.

A escolha das DMUs e consequentemente dos inputs e outputs é um processo iterativo.

Assim, a intenção é abordar o tipo de atividade com maior expressão ao nível do SEL. Inicialmente foram definidas 33 DMUs ao nível de Captação, tratamento e distribuição de água e Saneamento, gestão de resíduos e despoluição. Tendo em conta que a atividade de prestação do serviço é diferente quando comparada a Captação, tratamento e distribuição de água com o Saneamento, gestão de resíduos e despoluição o nº de DMUs foi aliviado para 19 e apenas se teve em consideração o primeiro serviço mencionado, a distribuição de água, não retirando crédito à gestão dos resíduos.

Desta forma, será possível avaliar o nº de funcionários e valor do capital próprio e capital alheio face ao volume total de água distribuída, volume de perdas de água, população servida e preço da água vendida.

Qualquer uma das DMUs enunciadas têm como objeto social a Distribuição de água, gestão e exploração dos sistemas públicos de captação, tratamento e distribuição de água para consumo público. Esta responsabilidade social por parte das entidades públicas tem grande impacto na qualidade de vida dos cidadãos na medida em que se trata da distribuição de um bem primário, cada vez mais escasso e simultaneamente imprescindível à vida.

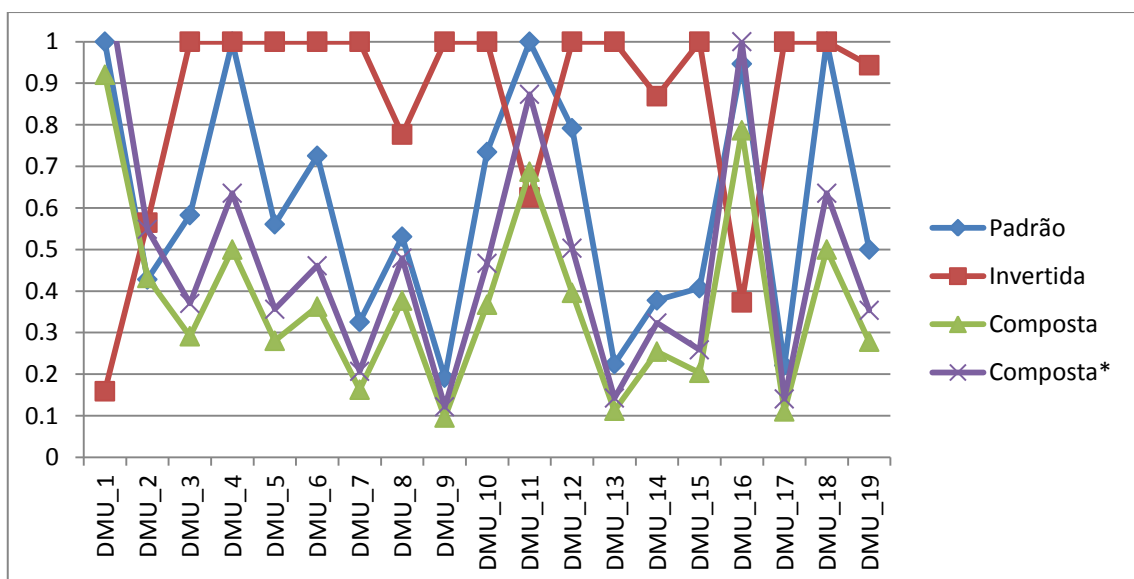
Vamos agora efetuar a análise aos resultados obtidos a partir do Modelo CCRin (orientado aos inputs) e CCRout (orientado aos outputs), respectivamente. As tabelas de

¹⁸ As DMUs que se caracterizam com elevada eficiência em determinada variável e reduzida nas restantes são pertencem à Fronteira Invertida mediante uma dupla envolvente.

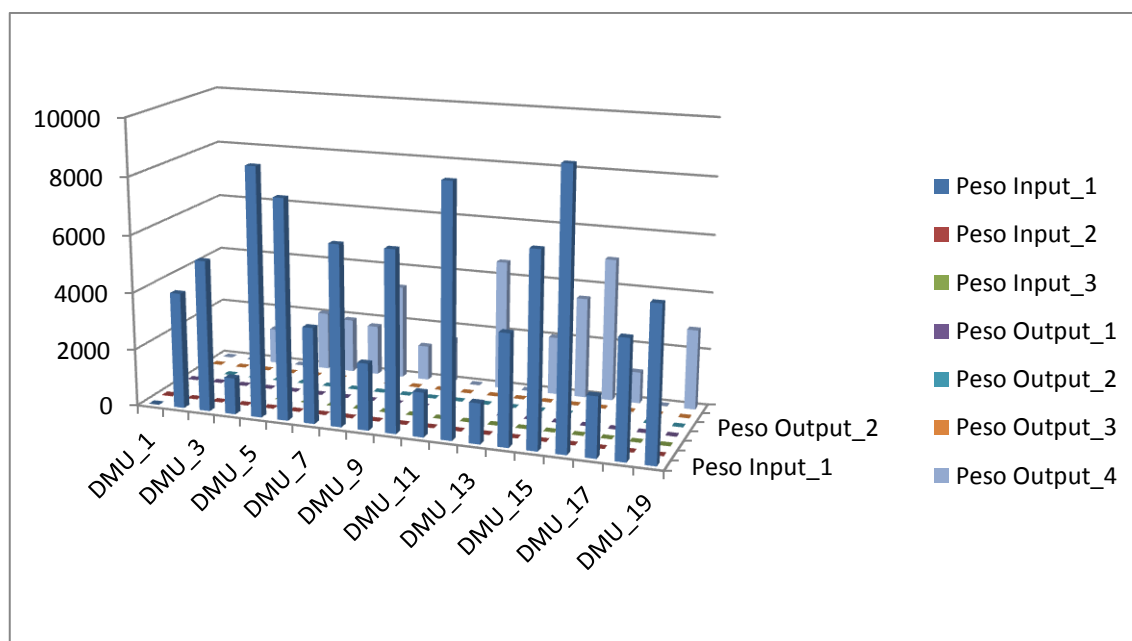
eficiência apresentam quatro tipos de eficiência, ou seja, eficiência padrão, eficiência invertida, eficiência composta e eficiência composta normalizada para as 19 DMUs em estudo, sendo as eficiências medidas a partir do intervalo $[0; 1]$. Os pesos das variáveis revelam a importância de cada uma para o estudo e, são medidas a partir do intervalo $[0; +\infty]$. Os alvos e folgas de cada variável em estudo, revelam um comportamento inversamente proporcional à existência ou não de eficiência para cada DMU, isto é, quanto maior a folga menor a eficiência e quanto menor a folga maior a eficiência sendo que no limite quando a folga é 0 a eficiência é 1. Por fim, a análise benchmarking está associada à procura das melhores práticas que conduzem a um desempenho superior. Assim, tal como ocorre no parâmetro anterior se a eficiência é igual a 1 então o benchmarking é inexistente.

5.1 Modelo CCRin

Desta forma, apresento o Modelo CCRin orientado a inputs em que as DMUs 1, 4, 11 e 18 que apresentam o valor de eficiência padrão igual a 1 dizem-se eficientes. No caso de ser aplicada a eficiência inversa de modo a avaliar as DMUs que são falsas eficientes (substituindo os inputs por outputs) conclui-se que as DMUs eficientes são as DMUs 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17 e 18. Contudo, para que exista total eficiência as DMUs devem apresentar o valor 1 na eficiência padrão ou em detrimento desta na eficiência composta normalizada, o que ocorre com as DMUs 1 e 16.

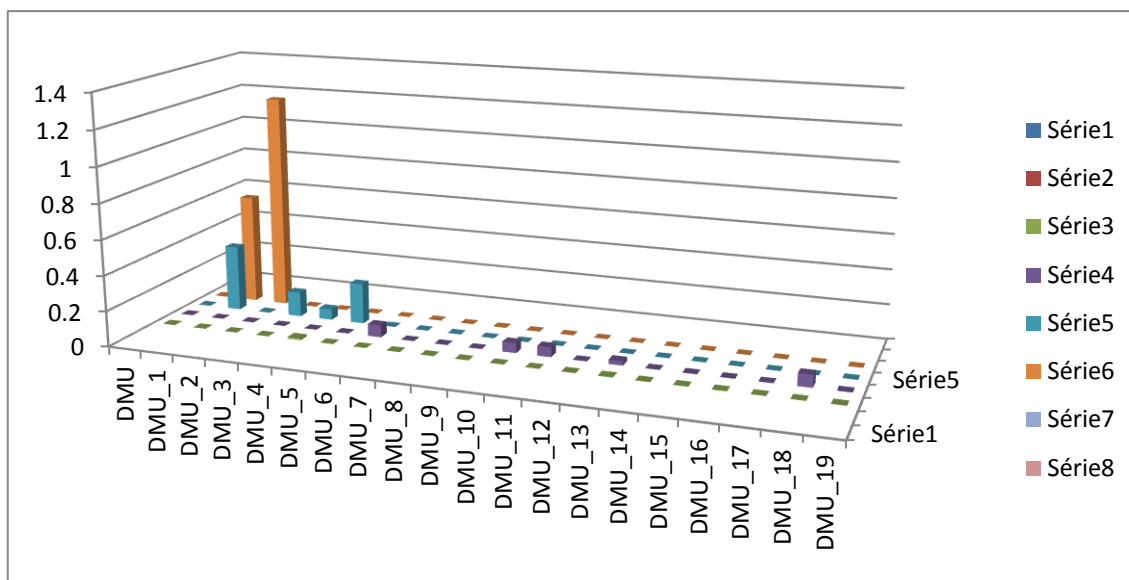


Relativamente aos pesos de cada variável e DMU, as ponderações com valor 0 podem ser ignoradas do modelo de avaliação no sentido em que deve ser efetuado um esforço por parte de cada entidade para aumentar o seu desempenho. Esse facto é demonstrado pelo capital alheio (input 3) com ponderações nulas para todas as DMUs com exceção da DMU 4 - CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto, EEM e DMU 13 - AGERE - Empresa de Águas, Efluentes e Resíduos de Braga, EM e pelo número de clientes com serviço de água (output 3) com ponderações positivas apenas para as entidades 1 e 2, Águas de Santarém - EM, SA e Fagar - Faro Gestão de Águas e Resíduos, EM, respetivamente. Por outro lado, as ponderações mais elevadas encontram-se no peso do número de funcionários (input 1) para todas as entidades com exceção da Águas de Santarém - EM, SA (DMU1).



Foram retiradas graficamente as ponderações do input 1, input 2 e output 4 de modo a visualizar os pesos das restantes variáveis sendo desta forma claro o peso do número de clientes com serviço de água (output 3) para as entidades 1 e 2, que corresponde a uma minoria das empresas do sector em estudo e, por fim, o peso das perdas de água (input 2) para a Águas de Santarém - EM, SA, AC, ÁGUAS DE COIMBRA, EEM, CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto, EEM e EAMB - Esposende Ambiente,

EEM. É possível igualmente destacar a pouca influência do capital alheio (input 3).



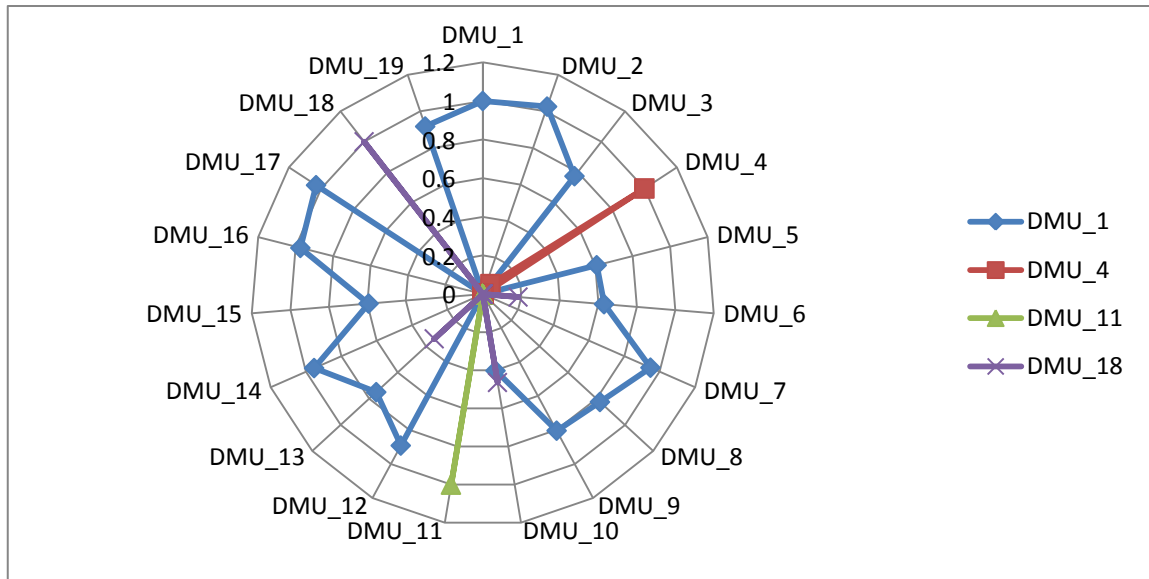
Analisando a tabela de folgas apresentada em anexo, por um lado, verifica-se a inexistência de folgas em todas as 19 DMUs no que respeita ao input 1 e inexistência de folgas em 17 das 19 entidades em estudo respeitante ao output 4. Por outro lado, verifica-se a existência de folgas no input 2 em todas as entidades inefficientes. Por fim, conclui-se que todas as entidades que são eficientes se traduzem na inexistência de folgas em todas as variáveis em estudo.

Mediante análise dos valores alvo, o modelo sugere uma diminuição do valor de todos os outputs e sugere o incremento de todos os inputs em estudo com a exceção dos resultados nulos. Nos casos em que existem valores alvos devem ser apresentadas medidas no sentido de tornar as DMUs eficientes. O resultado esperado é os alvos com valores nulo no que respeita a entidades com eficiência padrão igual a um.

É ainda possível verificar que o preço cobrado (input 4) apresenta valor nulo em todas as entidades com a exceção das DMUs 2 e 13, ou seja, a Fagar - Faro Gestão de Águas e Resíduos, EM e a AGERE - Empresa de Águas, Efluentes e Resíduos de Braga, EM devem rever os preços praticados.

No que respeita a benchmarks é possível destacar a forte influência das entidades Águas de Santarém - EM, SA, Águas do Ribatejo, EIM CIM, CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto, EEM e Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM no conjunto das

restantes entidades ineficientes sendo que o poliedro abaixo demonstra as suas referências.



Sendo um modelo que não cumpre a Regra de Banker uma vez que o número de casos a avaliar não é significativo.

$$n \geq \max [m * s; 3 (m + s)]$$

$$19 \geq \max [12; 21]$$

$$19 \leq 21$$

→ Não cumpre a Regra de Banker

Contudo, o modelo pretende fornecer a eficiência relativa comparando os recursos humanos, físicos e financeiros face aos resultados de distribuição de água e número de clientes. Conclui-se portanto, por um lado, que as DMU mais eficientes são a CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto, EEM e a Águas do Ribatejo, EIM CIM atingindo a fronteira de eficiência relativa e invertida.

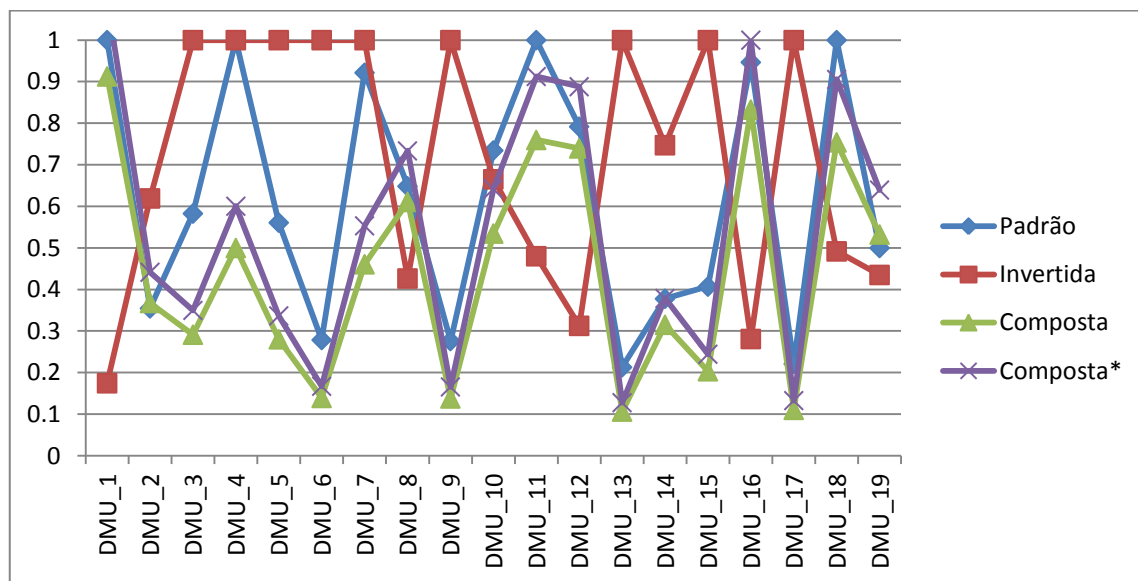
5.2.Modelo CCRout

O exemplo seguinte ilustra o modelo CCRout orientado a outputs mediante uma amostra de 19 DMUs que utilizam 2 inputs para a produção de 3 output.

Através do modelo CCRout as DMUs 1, 4, 11, e 18 apresentam-se como eficientes. Contudo, para que exista uma interpretação directa e imediata de eficiência as DMUs

devem apresentar valor 1 na eficiência padrão e na eficiência composta normalizada, o que ocorre apenas com a entidade CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto, EEM.

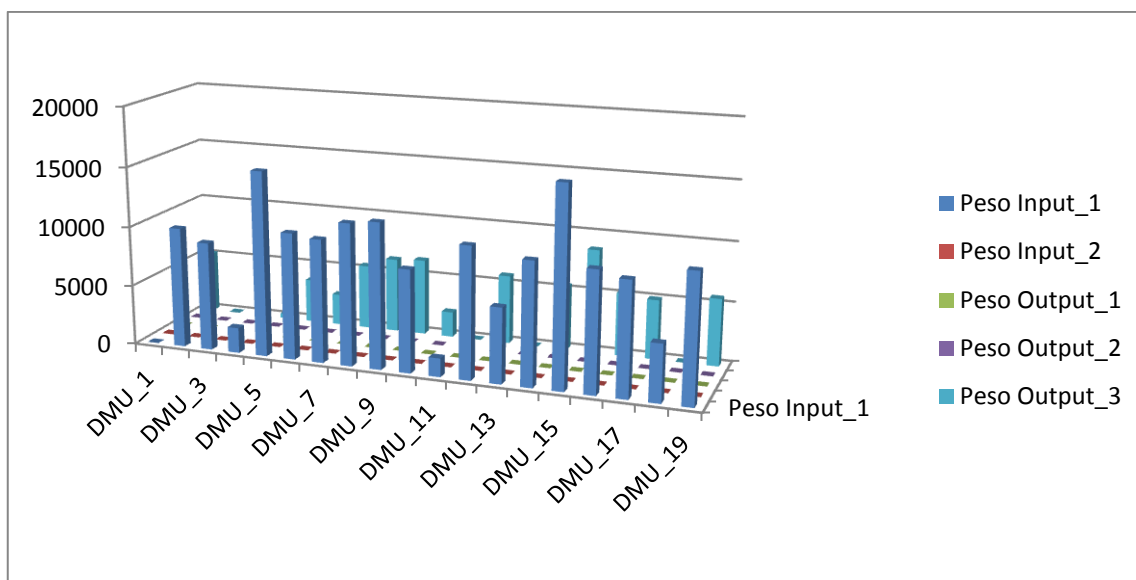
Todas as entidades ineficientes devem ser capazes de reduzir a quantidade de inputs sem reduzir a quantidade de outputs produzida de modo a atingir o ponto ótimo de eficiência.



Desta forma, a DMU 4 é tida como entidade exemplo da qual as restantes devem obter informação e aproveitar as boas práticas de modo a melhorar a sua eficiência.

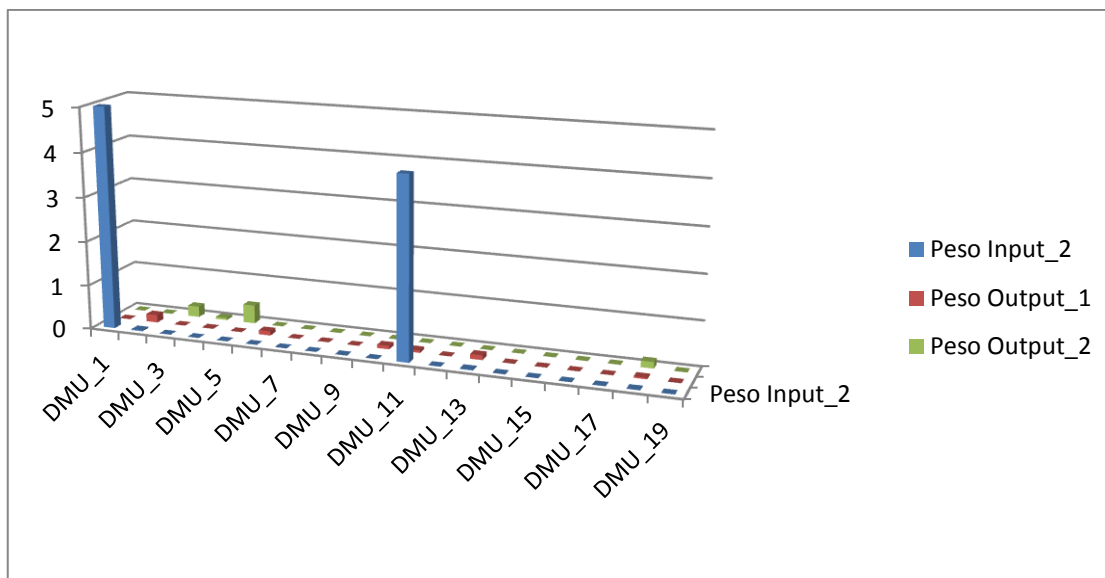
Assim, quanto maior for a diferença entre as fronteiras menor será a eficiência relativa.

Relativamente às ponderações calculadas de cada variável é possível verificar que o número de funcionários (input1) é a variável com maior relevância na análise especialmente para a EPMAR - Empresa pública municipal de águas, resíduos e de Vieira do Minho, EM e para a EAMB - Esposende Ambiente, EEM. Por outro lado, existem um peso significativo no que respeita ao preço cobrado para a grande maioria das entidades em estudo com especial destaque para a INOVA -Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, EEM, a TROFÁGUAS - Serviços Ambientais, EEM e a EPMAR - Empresa pública municipal de águas, resíduos e de Vieira do Minho, EM, cuja valorização do peso é 6250, 6410.26 e 8695.65, respectivamente.



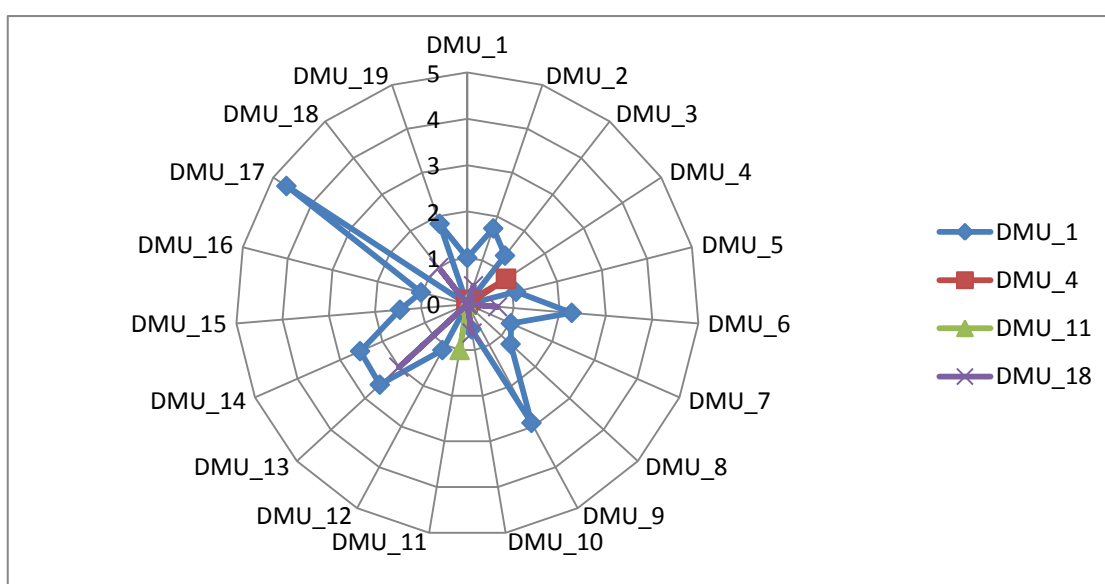
O gráfico anterior pode induzir em erro tendo em consideração a discrepância do peso do número de funcionários e do preço cobrado para o modelo em comparação com os restantes. Desta forma, no gráfico a seguir apresentado foram retiradas as variáveis com maior expressão de forma propositada para que seja feita uma análise gráfica mais coerente, não considerando os elevados valores anteriormente apresentados. Assim, é possível verificar de forma idêntica a grande presença no Capital Próprio revelando uma forte utilidade para a Àguas e Parque Biológico de Gaia, EEM, bem como a relevância do volume de perdas de água nas entidades de Coimbra, Porto e Esposende.

É possível ainda destacar o peso relativo do volume total de água distribuída às redes apresentada pela Fagar - Faro Gestão de Águas e Resíduos, EM, EMARP - Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Portimão, EEM e pela AGERE - Empresa de Águas, Efluentes e Resíduos de Braga, EM que nos leva a assumir que se trata da variável com maior importância para estas entidades.



Para determinar o nível ótimo de desempenho das entidades em estudo vamos agora visualizar radialmente os índices de eficiência. Analisando a EMAS - Empresa Municipal de Água e Saneamento de Beja, EEM por ser a entidade ineficiente com maior índice de eficiência relativa (94.67%) apresenta folgas nulas ou reduzidas em todas as variáveis com exceção do Capital Próprio (input 2). Adicionalmente, foi apresentado o alvo sugerindo a redução da quantidade do input 2 de 10.00 para 0.04 de modo a tornar a DMU mais próxima da eficiência na sua plenitude.

No que respeita a benchmarks as DMUs 1, 4, 11 e 18 servem de referência a todas as restantes DMUs ineficientes com especial destaque para a Águas de Santarém - EM, SA.



Sendo um modelo que cumpre a regra de Banker torna-se uma análise com valor acrescentado. Neste caso os resultados são mais consistentes do ponto de vista da análise do preço cobrado pelo volume de água distribuída e perdida para o conjunto dos utentes com serviço de água face ao número de funcionários, capital próprio e ao capital alheio de cada entidade. Desta forma, é possível concluir que as DMUs mais eficientes são a 4 e 18 atingindo a fronteira de eficiência padrão e eficiência invertida.

Regra de Banker

$$19 \geq \text{máx} [6; 15]$$

$$19 \geq 21$$

→ Cumpre a Regra de Banker

Analisando os resultados obtidos, verifica-se uma relativa eficiência em torno das DMUs consideradas. Assim, é possível seguir bons exemplos de modo a melhorar a performance de cada entidade. A distinção entre a eficiência das DMUs foi efetuada com a introdução do conceito de fronteira invertida (Novaes, 2002; Entani et al., 2002). Esse enfoque considera pelo menos duas interpretações. A primeira é que a fronteira consiste das DMUs com as piores práticas gerenciais podendo ser chamada de fronteira ineficiente; a segunda é que essas mesmas DMUs têm as melhores práticas considerando o ponto de vista oposto (Soares de Mello et al., 2003).

A utilização da fronteira invertida permitiu a análise da problemática através da avaliação da ineficiência das DMUs, ou seja, cada DMU deve-se especializar no fator com melhores indicadores salvaguardando o facto de se poder estar a prejudicar mediante o desempenho de outras tarefas.

Assim, não basta cada DMU ter um bom desempenho no que melhor executa mas também não pode ter um mau desempenho no que pior executa. Isso é conseguido sem a atribuição de nenhum peso subjetivo a qualquer critério. (Soares de Mello et al., 2003)

Conclui-se então que a eficiência padrão deve estar o mais próximo de um possível, a eficiência invertida deve estar o mais próximo de um ou de zero desde que a eficiência padrão seja 1. Por fim, a eficiência composta é o resultado da análise da DMU pela fronteira padrão e pela fronteira invertida, ou seja, o resultado é obtido através da média

aritmética entre a eficiência padrão e o valor obtido da subtração da eficiência invertida pela unidade:

$$\text{Composta DMUi} = \frac{\text{Padrão DMUi} + (1 - \text{Inversa DMUi})}{2}$$

E a eficiência composta normalizada é o quociente entre a eficiência composta e a maior eficiência composta do modelo em estudo.

$$\text{Composta Normalizada DMUi} = \frac{\text{Composta DMUi}}{\text{Maior Composta do Modelo}}$$

A partir das análises efetuadas pode concluir-se que as entidades Águas de Santarém e a Trofáguas – Serviços Ambientais, EEM são as entidades mais eficientes e, por isso, são também um modelo de boas práticas. Desta forma, os gestores públicos das restantes entidades devem testar a implementação de novos métodos de trabalho e princípios no sentido de aproximar a ineficiência das suas entidades de um ponto ótimo.

5.3 Análise Económico-financeira

O modelo DEA não pode ser analisado de forma individual tendo em conta que (como muitas outras técnicas de eficiência) está associada a falhas na apresentação de resultados. A missão de determinado resultado sustentável requer uma gestão financeira planeada. A análise dos rácios financeiros é uma ferramenta de gestão útil que pode melhorar a nossa perceção dos resultados financeiros atingidos e podem ser considerados como uma chave de um negócio desde que analisados em conjunto com outros métodos. Assim, os rácios financeiros podem ser úteis a cada gestor desde que se tenha em consideração que estejamos perante:

- Informações contabilísticas sejam fiáveis, credíveis e precisas;
- Comparação entre diferentes entidades do mesmo sector de actividade;
- Interpretação cuidada dos resultados inseridos numa determinada envolvente contextual sujeita a externalidades negativas ou positivas.

Assim, através dos rácios abaixo apresentados será possível concluir se a ordenação decorrente da rendibilidade económico-financeira é idêntica à do Modelo DEA.

O indicador de liquidez geral (LG) é dos mais utilizados pelos analistas. Este indicador traduz a capacidade de determinada entidade satisfazer os seus compromissos a curto e longo prazo mediante a conversão de ativos em meios financeiros líquidos. O grau de liquidez geral é calculado pelo quociente entre o ativo corrente e o passivo corrente traduzindo em que medida o passivo está coberto pelo ativo. Desta forma, pode-se concluir que 2.16% das responsabilidades de curto prazo da DMU3 estão cobertas pelos bens, disponibilidades, existências e contas a receber de curto prazo, bem como, 2.12% das responsabilidades da DMU8. Igualmente, a DMU1 apresenta uma LG de 1.98% posicionando-se num lugar confortável. Por outro lado, as DMU 9, 15 e 17 são as entidades que têm menor forma de cobrir esses compromissos cuja LG corresponde a 0.49%, 0.55% e 0.57. Desta forma, a solução passa por cumprir os seus compromissos de uma forma mais lenta o que tenderá a um aumento dos seus passivos de curto prazo. Comparando os resultados homólogos 11 entidades tiveram um aumento de liquidez enquanto que as restantes 8 apresentam uma perda liquidez.

O indicador de liquidez reduzida (LR) resulta do facto das existências serem o ativo menos líquido do ativo circulante de cada entidade. Desta forma, é possível calcular a liquidez geral do ponto de vista das existências. Assim, é admitido que as existências não geram, no curto prazo, meios financeiros líquidos. Observando os quadros apresentados verifica-se o mesmo resultado da análise anterior destacando-se por um lado as DMU 1, DMU 3 e DMU 8 com 1.95%, 2.12% e 2.01% e, por outro lado, as DMU 11 (0.57%), DMU 12 (0.57%), DMU 13 (0.57%), DMU 15 (0.56%) e DMU 17 (0.56%).

O terceiro indicador de liquidez, é a Liquidez Imediata (LI) apenas tem em consideração as disponibilidades e aplicações de curto prazo, isto é, considera os depósitos bancários, a caixa e os títulos negociáveis para liquidar o seu crédito. Este indicador vem por seu lado deteriorar um pouco o cenário apresentado nos dois indicadores anteriores visto que tendo em consideração apenas disponibilidades e aplicações financeiras nenhuma das quatro entidades pode “respirar” a ver pelos resultados seguintes apresentados. Desta vez, verifica-se que a DMU 8 continua com lugar de destaque embora apenas possa cumprir com mais de metade das suas responsabilidades (0.58%), as DMU 10 e 4

apresentam 0.58% e 0.44%, respetivamente. A maior diferença apresentando um valor nulo deriva da DMU17 e das DMU 9 e 15 apresentando apenas 0.01%.

No que respeita ao rácio de endividamento permite analisar as dividas de cada entidade, ou seja, capacidade financeira e risco assumindo em que medida à a necessidade de recorrer a capitais alheios como financiamento. A este nível destaca-se a DMU 15 com capacidade de endividamento acima de 140% e as DMU 9 e 18 com capacidade de endividamento de 85.35% e 88.16%.

O rácio de autonomia financeira traduz em que medida determinada entidade é financiada por capitais próprios, avaliando também o seu perfil de risco de crédito assumindo a margem de segurança financeira de cada entidade. Neste parâmetro as DMU 15 e DMU 1 têm maior probabilidade de cobrir as suas responsabilidades apresentando 129.25% e 79.59%, respetivamente. Por outro lado, a DMU 9 é financiado por capitais próprios abaixo de 24% e a DMU 12 abaixo de 27%.

A solvabilidade das entidades em estudo traduzem os meios para fazer face aos compromissos de médio e longo prazo, incluindo dividas bancárias e despesas de obrigações assumidas. O fundo de maneo liquido tem elevada influência na questão da solvabilidade das empresas. Assim, é possível analisar o risco dos credores ao nível dos créditos concedidos/obtidos, avaliando a capacidade da empresa fazer face aos compromissos com terceiros. Olhando para este indicador verifica-se que as DMU3 (346.47%) e DMU4 (300.83%) tem melhor capacidade para fazer face aos compromissos com terceiros contrariamente às DMU 19 (14.2%) e DMU 9 (27.1%).

Em suma, a “saúde” financeira da entidade evidencia em parte os resultados obtidos pelas empresas. Desta forma, é possível concluir que a Águas de Santarém, EM SA, AC – Águas de Coimbra, EEM e a INOVA – Empresa de desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, EEM apresentam melhores índices de liquidez e, ao nível de autonomia financeira e solvabilidade destacam-se as entidades EPMAR – Empresa Pública Municipal de Águas e Resíduos de Vieira do Minho, EM e AC – Águas de Coimbra, EEM, respetivamente.

Os rácios de rendibilidade a seguir apresentados procuram medir a capacidade de gerar uma margem liquida; rendimentos; e remuneração aos seus sócios e acionistas. A

rendibilidade das vendas mede a relação entre os resultados líquidos e as vendas. Assim, é possível concluir que as DMU 13 e DMU 18 estão em pé de igualdade com 10.7% e 10.47%, respetivamente. O destaque negativo vai para as DMU 7 e DMU 15 apresentando uma rentabilidade negativas das vendas de 1.74% e 48.56%.

A rendibilidade dos capitais próprios trata-se da rendibilidade da situação líquida (ROE) e indica a capacidade de gerar rendimentos, o valor da entidade e o património da empresa. Tendo em conta que se trata de empresas não cotadas na bolsa de valores é apontada uma árdua tarefa no que respeita à medição de rendibilidade de um accionista. Outro aspecto a ter em conta reside no facto de serem valores contabilísticos e não financeiros associados à dificuldade de associar os resultados líquidos aos meios financeiros gerados. De qualquer modo, verifica-se nesta rácio a hegemonia das DMU 12 com taxas superiores a 11% e, pelo contrário, a negativa rendibilidade da DMU 15 apresentando -19.61%.

Por último a rendibilidade global da entidade ou de ativo procura relacionar os resultados antes de impostos e os encargos financeiros com o ativo total da empresa sendo um rácio de avaliação de desempenho dos capitais investidos na empresa isoladamente das decisões financeiras. Assim, é possível constatar os valores baixos apresentados na grande maioria DMUs. Desta forma, conclui-se que nenhuma das empresas deveria recorrer a capitais alheios tendo em conta que a taxa superior apresentada refere-se à DMU 11 com 3.22%, ou seja, muito abaixo das taxas de juro apresentadas pelas instituições financeiras no momento de constituir crédito.

No que respeita à estrutura económica a ADC -Águas da Covilhã, EM SA, EMAS - Empresa Municipal de Água e Saneamento de Beja, EEM e Águas do Ribatejo, EIM CIM são as entidades que apresentam melhores resultados.

5.4 Comparação entre Modelo de Avaliação

Por último, tendo em consideração que foram utilizados três métodos de análise de eficiência devo efetuar um contraponto entre diferentes estudos realizados no sentido de verificar em que medida os resultados obtidos são consistentes. Independentemente do disposto anteriormente, a consistência de estimação de eficiência aumenta à medida que

o período de tempo também aumenta. Desta forma existe a possibilidade de avaliar a evolução dos resultados e estimar desvios.

No entanto, poderá ser interessante verificar a consistência entre positiva da entidade Águas de Santarém, EM SA no sentido em que apresenta elevado eficiência do ponto de vista do Modelo DEA e da análise económica e das entidades EPMAR - Empresa pública municipal de águas, resíduos e de Vieira do Minho, EM e Penafiel Verde, EEM que apresentam ineficiência em todos os aspetos em análise. A única entidade que não disponibilizou o seu Relatório e Contas individual foi a Águas de S. João, EM SA e, por esse motivo não são apresentados quaisquer tipo de resultados do ponto de vista económico- financeiro.

Assim, apresento abaixo o quadro das entidades em estudos que revelam maior eficiência:

	Modelo DEA		Estrutura contabilística	
	CCRin	CCRout	ECON	FIN
1	DMU1	DMU1	DMU3	DMU12
2	DMU11	DMU11	DMU1	DMU16
3	DMU4	DMU18	DMU4	DMU18
4	DMU 18	DMU4	DMU8	DMU13
5	DMU16	DMU16	DMU5	DMU11
6	DMU12	DMU7	DMU7	DMU19
7	DMU10	DMU12	DMU16	DMU10
8	DMU6	DMU10	DMU6	DMU8
9	DMU3	DMU8	DMU2	DMU4
10	DMU5	DMU3	DMU13	DMU2
11	DMU8	DMU5	DMU18	DMU1
12	DMU19	DMU19	DMU11	DMU7
13	DMU2	DMU15	DMU10	DMU9
14	DMU15	DMU14	DMU17	DMU3
15	DMU14	DMU2	DMU12	DMU5
16	DMU7	DMU6	DMU15	DMU17
17	DMU13	DMU9	DMU19	DMU6
18	DMU17	DMU17	DMU9	DMU15
19	DMU9	DMU13	DMU14	DMU14

Fonte: Elaboração própria

Todas as entidades não assinaladas revelam consistência nos resultados apresentados. Não obstante, conforme foi referido anteriormente quase nunca foi observada clara eficiência nas duas vertentes de análise sendo que mais de metade das entidades (11) apresentam discrepâncias iguais ou superiores a seis posições no ranking apresentado. Em particular, a Águas de Santarém, EM SA é a mais eficiente no modelo DEA, eficiência financeira com lugar de destaque é a ADC – Águas da Covilhã, EM SA e, por fim, ao nível económico, evidencia-se a AC – Águas de Coimbra, EEM.

6. Conclusão, Limitações do estudo e Sugestões para investigações futuras

6.1 Conclusão

O trabalho de investigação estudou a eficiência do serviço das entidades do SEL tendo por base o tratamento de dados através do Modelo DEA, resultado de um trabalho de pesquisa em torno dos Relatórios e Contas 2012 de cada entidade.

Num momento em que se ouvem muitos decisores políticos a pôr em causa a viabilidade destas entidades foi interessante perceber até que ponto uma dada entidade é mais ou menos eficiente e em que medida estas entidades necessitam de melhorar o seu desempenho. A análise incidiu sobre empresas do sector de captação, tratamento e distribuição de água, podendo no entanto ter sido aplicado a qualquer outro sector desde que existisse homogeneidade da atividade, produzindo outputs idênticos com iguais recursos.

Assim, verifica-se que as empresas pretendem cada vez melhores desempenhos, contudo sem disporem de metodologias viáveis à sua análise para avaliar todas as suas perspetivas de avaliação de desempenho. Por isso, existe a necessidade de agilizar esta área de avaliação.

Inicialmente foi realizada uma revisão de literatura sobre o tema apresentado, envolvendo a literatura das entidades do SEL, melhoria de desempenho sendo efetuado um breve estudo em torno das metodologias de avaliação. Depois, teve-se em consideração os dados disponibilizados por cada entidade e/ou município.

Relativamente à avaliação da eficiência e seus resultados nas empresas objeto de estudo os resultados são em alguma medida favoráveis, havendo no entanto, processos que precisam de ser melhorados nesta matéria.

De notar que a análise empírica do estudo validou 19 DMUs, 4 inputs e 4 output para aferir a capacidade de resposta na distribuição de água mediante o número de trabalhadores, capital próprio, capital social e ativo de modo a incrementar volume total de água distribuída às redes, volume total de água realmente vendida, número de clientes com serviço de água e faturação anual.

Estas conclusões mostram que o prestador de serviço deve procurar sempre fornecer aos seus utentes um serviço de qualidade, melhorando as áreas com piores resultados na

avaliação de modo a tornar os seus utentes mais satisfeitos no sentido de que o output sendo um bem essencial à vida poderá ter implicações ao nível da saúde pública dos cidadãos.

A metodologia adotada foi o Modelo DEA e os rácios de desempenho económico-financeiro. Primeiramente, o Modelo DEA tem a particularidade de analisar as entidades através de um sistema comparativo com as entidades eficientes mediante a utilização de benchmarking. Por fim, procurou-se concluir em que medida o Modelo DEA é consistente e, portanto, uma boa ferramenta de análise comparando com os rácios de desempenho.

Assim, este modelo tem a capacidade de discriminar quais as suas unidades mais eficientes e não eficientes em relação aos objetivos propostos pela estratégia delineada. Desta forma, trata-se de uma ferramenta extremamente útil para avaliar o desempenho das entidades ou determinado departamento em comparação com outros.

Existem grandes diferenças entre as duas metodologias utilizadas (análise DEA e a análise de indicadores económico-financeiro). Ambos têm como fim avaliar e apresentar resultados de desempenho que auxiliem o processo de tomada de decisão. A análise económico-financeira tem por base o balanço e demonstração de resultados que são traduzidos em índices que, a longo prazo podem fornecer a evolução de eficiência de cada entidade. Nesse aspecto o Modelo DEA é um pouco mais estático tendo em conta uma menor complexidade de análise, menos suscetível a erros e, portanto, menos desvios. Os indicadores económico-financeiros têm por base uma forma funcional que não existe no Modelo DEA que, muitas vezes, a análise não é tão fácil e direta a sua análise. Assim, assume-se este um modelo mais eficaz embora só por si não seja 100% perfeito do ponto de vista da análise de eficiência.

6.2 Limitações do estudo e Sugestões para investigações futuras

Este estudo apresenta limitações, que se podem transformar em desafios para investigação futura.

Sendo que o Modelo DEA apenas avalia um grupo de DMUs homogéneo, a primeira limitação prende-se com o facto de estudar empresas do SEL cujos dados de análise não estão na grande maioria publicados e por outro lado, quando estão disponíveis existe a dificuldade de analisar um grupo considerável e idêntico.

Senti ainda alguma dificuldade na definição das variáveis a estudar, não sendo possível a sua agregação.

Ao nível de trabalhos futuros seria interessante estender esta temática a todos os sectores de atividade de todas as entidades que compõe o SEL e ainda, replicar a incidência do estudo sobre entidades mercantis.

O Modelo DEA é também útil para sectores onde a avaliação de económico-financeira não é clara. Desta forma, a utilização em exclusivo de indicadores económico financeiros pode desencorajar os gestores ao investimento e levar a tomadas de decisão contrárias considerando que todos os ativos devem resultar em taxas de retorno iguais.

Este tipo de avaliação ignora a margem de contribuição de cada input em particular e valoriza os resultados financeiros como um todo.

De referir que não existindo dados financeiros o Modelo DEA ainda assim pode ser aplicado considerando não ser essencial à análise efetuada. É possível estudar a eficiência de entidades mesmo sem a apresentação do balanço ou da Demonstração de Resultados não estando limitado nesse sentido.

Assim, considera-se a utilidade da metodologia DEA como uma mais-valia comparando diferentes entidades com metas, inputs e outputs idênticos.

Bibliografia

Angulo Meza, L., Biondi Neto, L., Soares de Mello, J.C.C.B. & Gomes, E.G. (2003), SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: uma implementação computacional de modelos de Análise Envoltória de Dados, Resumos da I Reunião Regional da Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional no Rio de Janeiro, Junho, Niterói, RJ, pp. 24

Bhagavath, V. (2007), “Technical Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis: An Application in Transportation”, Alliance Journal of Business Research, pp 60-72

Borger, Bruno De e Kerstens (1996), “Cost efficiency of Belgian local governments: A comparative analysis of FDH, DEA, and econometric approaches”, Regional Science and Urban Economics 26, pp. 145 - 170

Bosworth, Barry P., Susan M. Collins, e Yu-chin Chen (1995) "Accounting for Differences in Economic Growth." In Structural Adjustment and Economic Reform: East Asia, Latin America, and Central and Eastern Europe, edited by Akira Kohsaka and Koichi Ohno. Tokyo: Institute of Developing Economie.

Bosworth, D., Stoneman, P. e Thanassoulis, E. (1996) “The Measurement of Comparative Total Efficiency in the Sewerage and Water industry: an Exploratory Study”, Office of Water Services, UK

Bowden, R.J. e Zhu, Jennifer (2004), “The generalized value at risk admissible set: constraint consistency and portfolio outcomes”, Quantitative Finance.

Catalan, Pedro Herrera e Ballve, Pedro Francke (2009), “Análisis de la eficiencia del gasto municipal y de sus determinantes”, Economia Vol XXXII, pp. 113 - 178

Catelli, Armando et al. (2001), “Controladoria – Uma Abordagem da Gestão Econômica”. São Paulo: Atlas.

Chalos, P and Cherian, J. (1995) “An Application of data envelopment analysis to public sector performance measurement and accountability”, Journal of Accounting and Public Policy, 14, pp. 143-160

Cruz, N. F. (2008), “Viabilidade das Empresas Municipais na Prestação de Serviços de Infr-estruturas Urbanas”, Instituto Superior Técnico, UTL, pp. 1

Cruz, N. F. e Marques, Rui Cunha (2011), “Índice de Governança Municipal: Utilidade e Exequibilidade, 8º Congresso Nacional da Administração Pública”, Instituto Nacional da Administração, I.P, pp. 218 - 234

Cruz, Nuno Ferreira da & Carvalho, Pedro & Marques, Rui Cunha (2013), “Disentangling the cost efficiency of jointly provide water and wastewater services”, *Utilities Policy*, Elsevier, vol. 24 (C), pp. 70-77

Debreu, G. (1951), “The coefficient of resource utilization, *Econometrica*”, pp. 273 - 292

Erbetta, Fabrizio et al. (2012), “Managerial efficiency and size: an assessment of strategic potential of Italian manufacturing firms”, published in *ERIEP*, Number 4.

Färe, R., Grosskopf, S. Norris, M. and Zhang, Z. (1994), “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries”. *The American Economic Review*. 84 (1), pp. 66-83.

Farrell, M. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)*, 120 (3), pp. 253-281.

Gathon, Henry-Jean e Pestieau, Pierre (1992), “Fault-il encore mesurer la performance des entreprises publiques?”, *Annals of public & cooperative Economics*, Université de Liège, pp. 621 - 644

Golany, B. and Y. Roll (1989), "An Application Procedure for DEA", *OMEGA* , Vol. 17, No. 3, pp. 237-250.

Haug, Peter (2008), “Effects of *Democratic Control* on the efficiency of local public enterprises: Empirical evidence for water suppliers in Eastern Germany”, *Public Finance and Management*, Vol. 8 número 1, pp 1 - 35

Kao C (1994), “Evaluation of Junior Colleges of Technology: the Taiwan Case.” *EJOR* 72(1), pp. 43-51.

Kaplan, R.S.e D.P.Norton (1992), “The Balanced Scorecard – Measure that drive performance. *Harvard Business Review*”, pp. 71-79

Kassai, Silvia (2002), “Utilização da Análise Envolvória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis”, São Paulo.

Koopmans, T. C. (1951), “An analysis of production as efficient combination of activities.” in T. C. Koopmans, ed., *Activity Analysis of Production and Allocation*. Cowles Commission for Research in Economics, Monograph 13, Wiley, New York, pp.33 - 97

Kumar, S. (2008), “An Examination of technical, Pure Technical, and Scale Efficiencies in Indian public Sector Banks using Data Envelopment Analysis”, pp. 33 – 69

- Lorenzo, José Manuel Prado e Sánchez, Isabel María García (2007), “Efficiency evaluation in municipal services: na application to the street lighting service in Spain”, *J Prod Anual* 27, pp. 149 - 162
- Lovell, C.A.K. (1993), “Linear Programming Approaches to the Measurement and Analysis of Productive Efficiency”, *Papers 393e*, Georgia – College of Business Administration, Department of Economics, pp. 175 - 248
- Marques, R. E D. Silva (2006). “Inferência estatística dos estimadores de eficiência obtidos com a técnica fronteira não paramétrica de DEA. Uma metodologia de Bootstrap”. *Investigação Operacional*, 26, pp. 89-110.
- Martinez Roget, F., Miguel Dominguez, J. C. De e Murias Fernández, P. (2005), “El análisis envolvente de dato sen la construcción de indicadores sintéticos. Una aplicación a las provincias españolas”, *Estudos de Economia Aplicada* Vol. 23 – 3, pp. 753 - 771
- Maximiano, A. C. A. (2000), “Teoria geral da administração: da escola científica à competitividade na economia globalizada.” 2. ed. São Paulo: Atlas.
- Maldonado, Isabel (2002), “O processo de descentralização nas autarquias locais e a consolidação de contas”, *XIII Jornadas Hispano-Lusas de Gestión Científica*, pp. 301 - 308
- Merton, R. C. (1972), “An analytic derivation of the efficient portfolio frontier.” *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 7, No. 4, pp. 1851-1872.
- Norman, M. & Stoecker, B. (1991), “Data envelopment analysis: the assessment of performance.” West Sussex: John Wiley & Sons.
- Oettle, Karl (1995), “La gestion des entreprises municipals entre missions de servisse public et autonomie”, *Annals of public and cooperative economics* 66:3, pp. 345 - 364
- Pareto, Vilfredo (1896 - 1897) “Cours d'Économie Politique”, 2 vols. Lausanne: F. Rouge, Éditeur
- Rouse, P., Putterill, M.S., Ryan, D. (1997), “Towards a General Managerial Framework for Performance Measurement: A Comprehensive Highway Maintenance Application”. *J. Productiv. Anal.* 8 (2), pp. 127–149
- Siquet, Catarina (2012), “Empresas Municipais”, pp. 13-17
- Steering Commitee for the Review of Commonwealth/State Service (1997), “Data Enelopment Analysis: A technique for measuring the efficiency of government service delivery”. Camberra: AGP.

Tavares, Gabriel and Carlos Henggeler Antunes (1998), "A DEA study of telecommunication services modernisation in OECD countries", Presented at: (ESI XVI) in European Summer Institute XVI: Data Envelopment Analysis - 20 years on, Coventry, United Kingdom, pp. 16-26

Zimmerman, M. A. and Zeitz, G. J. (2002), "Beyond survival: achieving new venture growth by building legitimacy", *Academy of Management Review*, 27(3).

Anexos

Anexo A

DMU1	AS - Águas de Santarém, EM SA
DMU2	FAGAR - Faro Gestão de Águas e Resíduos, EM
DMU3	AC - ÁGUAS DE COIMBRA, EEM
DMU4	CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto, EEM
DMU5	EAMB - Esposende Ambiente, EEM
DMU6	EMARP - Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Portimão, EEM
DMU7	EMARVR - Empresa Municipal de Água e Resíduos de Vila Real, EEM
DMU8	INOVA - Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, EEM
DMU9	TROFÁGUAS - Serviços Ambientais, EEM
DMU10	VIMÁGUA - Empresa de Água e Saneamento de Guimarães e Vizela, EIM SA
DMU11	Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM
DMU12	ADC - Águas da Covilhã, EM SA
DMU13	AGERE - Empresa de Águas, Efluentes e Resíduos de Braga, EM
DMU14	Águas de S. João, EM SA
DMU15	EPMAR - Empresa pública municipal de águas e resíduos de Vieira do Minho, EM
DMU16	EMAS - Empresa Municipal de Água e Saneamento de Beja, EEM
DMU17	PV - Penafiel Verde, EEM
DMU18	AR - Águas do Ribatejo, EIM CIM
DMU19	TV - Tavira Verde, EEM

Anexo B

DMU	i1	i2	i3	o1	o2	o3	o4
DMU 1	0.000103	0.043071	0.020064	6.030000	2.102000	0.034120	0.000194
DMU 2	0.000247	14.830760	13.182963	5.829000	1.200000	0.035027	0.000126
DMU 3	0.0001906	4.948539	19.240640	2.485200	2.674734	0.020818	0.000162
DMU 4	0.000475	118.379482	39.350439	22.619337	16.046000	0.150697	0.000182
DMU 5	0.000116	23.985128	8.190795	0.260906	1.359130	0.018762	0.000119
DMU 6	0.000341	39.128227	20.538122	6.424105	1.122352	0.045846	0.000148
DMU 7	0.000106	22.356264	7.956519	2.503457	0.152433	0.027947	0.000184
DMU 8	0.000131	20.036261	12.560599	4.289340	1.637393	0.020054	0.000160
DMU 9	0.000300	3.926715	14.622742	0.870000	0.057994	0.134846	0.000156
DMU 10	0.000160	24.868687	34.984558	9.057606	1.038907	0.061070	0.000143
DMU 11	0.000432	0.082878	0.093174	18.126785	4.915984	0.133044	0.000220
DMU 12	0.000116	8.916273	21.445879	3.424028	0.928596	0.027837	0.000173
DMU 13	0.000593	70.432738	67.174306	9.400000	2.549280	0.181000	0.000145
DMU 14	0.000260	3.950000	3.739300	1.000000	0.230000	0.011700	0.000185
DMU 15	0.000150	1.765699	1.912818	0.320000	0.086784	0.001500	0.000115
DMU 16	0.000106	10.042721	5.530580	3.361900	1.268784	0.020205	0.000189

DMU 17 0.000480 12.337982 9.949400 2.100000 0.569520 0.020880 0.000200

DMU 18 0.000164 35.072691 44.146338 14.292618 3.876158 0.075888 0.000140

DMU 19 0.000189 1.801077 12.686123 2.100000 0.569520 0.020818 0.000178

Input 1	Funcionários (nº)
Input 2	Capital Próprio (€)
Input 3	Capital Alheio (€)
Output 1	Volume Total de Água Distribuída às Redes (10³ m³)
Output 2	Perdas de Água (10³ m³)
Output 3	Clientes com Serviço de Água (nº)
Output 4	Preço (€)

Anexo C

Resultados utilizando o modelo CCR, orientação input

Eficiências

DMU	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
DMU_1	1.000000	0.159073	0.920463	1.169759
DMU_2	0.428089	0.564699	0.431695	0.548614
DMU_3	0.582786	1.000000	0.291393	0.370313
DMU_4	1.000000	1.000000	0.500000	0.635418
DMU_5	0.560826	1.000000	0.280413	0.356359
DMU_6	0.725414	1.000000	0.362707	0.460941
DMU_7	0.325636	1.000000	0.162818	0.206915
DMU_8	0.530928	0.776623	0.377152	0.479299
DMU_9	0.191724	1.000000	0.095862	0.121825
DMU_10	0.734569	1.000000	0.367284	0.466759
DMU_11	1.000000	0.625546	0.687227	0.873354
DMU_12	0.791815	1.000000	0.395907	0.503134
DMU_13	0.224623	1.000000	0.112311	0.142729
DMU_14	0.377776	0.868931	0.254422	0.323329
DMU_15	0.407045	1.000000	0.203522	0.258644
DMU_16	0.946654	0.372888	0.786883	1.000000

DMU_17 0.221220 1.000000 0.110610 0.140567

DMU_18 1.000000 1.000000 0.500000 0.635418

DMU_19 0.500027 0.943428 0.278300 0.353674

*Eficiência normalizada

Pesos das Variáveis

DMU	Peso Input_1	Peso Input_2	Peso Input_3	Peso Output_1	Peso Output_2	Peso Output_3	Peso Output_4
DMU_1	0.00000000	23.21747800	0.00000000	0.00000000	0.37454998	0.62337617	0.00000000
DMU_2	4,048.58300000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	1.22216900	0.00000000
DMU_3	5,263.15790000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.14149667	0.00000000	1,261.23330000
DMU_4	1,269.86460000	0.00000000	0.01008411	0.00000000	0.06232083	0.00000000	0.00000000
DMU_5	8,620.68970000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.23176178	0.00000000	2,065.81320000
DMU_6	7,633.58780000	0.00000000	0.06885622	0.00000000	0.00000000	1,912.66260000	
DMU_7	3,333.33330000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	1,769.75950000
DMU_8	6,250.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	3,318.29900000
DMU_9	2,314.81480000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	1,228.99960000
DMU_10	6,250.00000000	0.00000000	0.00000000	0.05637603	0.00000000	0.00000000	1,565.99250000
DMU_11	1,539.29450000	4.04238490	0.00000000	0.05516698	0.00000000	0.00000000	0.00000000
DMU_12	8,620.68970000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	4,576.96410000
DMU_13	1,398.46730000	0.00000000	0.00254128	0.02389604	0.00000000	0.00000000	0.00000000
DMU_14	3,846.15380000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	2,042.03010000
DMU_15	6,666.66670000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	3,539.51890000
DMU_16	9,433.96230000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	5,008.75320000
DMU_17	2,083.33330000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	1,106.09970000
DMU_18	4,092.15750000	0.00937727	0.00000000	0.06996619	0.00000000	0.00000000	0.00000000
DMU_19	5,291.00530000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	2,809.14200000

Alvos

DMU_1 (eficiência:1.000000)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000103	0.000103	0.000000	0.000103
Input_2	0.043071	0.043071	0.000000	0.043071
Input_3	0.020064	0.020064	0.000000	0.020064
Output_1	6.030000	6.030000	0.000000	6.030000
Output_2	2.102000	2.102000	0.000000	2.102000
Output_3	0.341200	0.341200	0.000000	0.341200
Output_4	0.000194	0.000194	0.000000	0.000194

DMU_2 (eficiência:0.428089)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000247	0.000106	0.000000	0.000106
Input_2	14.830760	6.348887	6.304671	0.044216
Input_3	13.182963	5.643483	5.622886	0.020597
Output_1	5.829000	5.829000	0.361293	6.190293
Output_2	1.200000	1.200000	0.957877	2.157877
Output_3	0.350270	0.350270	0.000000	0.350270
Output_4	0.000126	0.000126	0.000073	0.000199

DMU_3 (eficiência:0.582786)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000190	0.000111	0.000000	0.000111
Input_2	64.948539	37.851083	30.084026	7.767057
Input_3	19.240640	11.213171	8.626882	2.586289
Output_1	2.485200	2.485200	3.658309	6.143509

Output_2 2.674734 2.674734 0.000000 2.674734

Output_3 0.020818 0.020818 0.253035 0.273853

Output_4 0.000162 0.000162 0.000000 0.000162

DMU_4 (eficiência:1.000000)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input_1	0.000475	0.000475	0.000000	0.000475
---------	----------	----------	----------	----------

Input_2	118.379482	118.379482	0.000000	118.379482
---------	------------	------------	----------	------------

Input_3	39.350439	39.350439	0.000000	39.350439
---------	-----------	-----------	----------	-----------

Output_1	22.619337	22.619337	0.000000	22.619337
----------	-----------	-----------	----------	-----------

Output_2	16.046000	16.046000	0.000000	16.046000
----------	-----------	-----------	----------	-----------

Output_3	0.150697	0.150697	0.000000	0.150697
----------	----------	----------	----------	----------

Output_4	0.000182	0.000182	0.000000	0.000182
----------	----------	----------	----------	----------

DMU_5 (eficiência:0.560826)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input_1	0.000116	0.000065	0.000000	0.000065
---------	----------	----------	----------	----------

Input_2	23.985128	13.451487	12.838512	0.612976
---------	-----------	-----------	-----------	----------

Input_3	8.190795	4.593612	4.386355	0.207257
---------	----------	----------	----------	----------

Output_1	0.260906	0.260906	3.521983	3.782889
----------	----------	----------	----------	----------

Output_2	1.359130	1.359130	0.000000	1.359130
----------	----------	----------	----------	----------

Output_3	0.018762	0.018762	0.189691	0.208453
----------	----------	----------	----------	----------

Output_4	0.000119	0.000119	0.000000	0.000119
----------	----------	----------	----------	----------

DMU_6 (eficiência:0.725414)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input_1	0.000131	0.000095	0.000000	0.000095
---------	----------	----------	----------	----------

Input_2	39.128227	28.384150	21.922171	6.461979
---------	-----------	-----------	-----------	----------

Input_3	20.538122	14.898634	6.786409	8.112225
Output_1	6.424105	6.424105	0.000000	6.424105
Output_2	1.122352	1.122352	0.914090	2.036442
Output_3	0.045846	0.045846	0.183199	0.229045
Output_4	0.000148	0.000148	0.000000	0.000148

DMU_7 (eficiência:0.325636)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000300	0.000098	0.000000	0.000098
Input_2	22.356264	7.279999	7.239148	0.040851
Input_3	7.956519	2.590927	2.571897	0.019030
Output_1	2.503457	2.503457	3.215718	5.719175
Output_2	0.152433	0.152433	1.841216	1.993649
Output_3	0.027947	0.027947	0.295665	0.323612
Output_4	0.000184	0.000184	0.000000	0.000184

DMU_8 (eficiência:0.530928)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000160	0.000085	0.000000	0.000085
Input_2	20.036261	10.637809	10.602286	0.035522
Input_3	12.560599	6.668772	6.652224	0.016548
Output_1	4.289340	4.289340	0.683856	4.973196
Output_2	1.637393	1.637393	0.096215	1.733608
Output_3	0.020054	0.020054	0.261348	0.281402
Output_4	0.000160	0.000160	0.000000	0.000160

DMU_9 (eficiência:0.191724)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000432	0.000083	0.000000	0.000083
Input_2	3.926715	0.752845	0.718211	0.034634
Input_3	14.622742	2.803530	2.787396	0.016134
Output_1	0.870000	0.870000	3.978866	4.848866
Output_2	0.057994	0.057994	1.632274	1.690268
Output_3	0.134846	0.134846	0.139521	0.274367
Output_4	0.000156	0.000156	0.000000	0.000156

DMU_10 (eficiência:0.734569)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000160	0.000118	0.000000	0.000118
Input_2	24.868670	18.267749	1.976148	16.291601
Input_3	34.984558	25.698564	5.205904	20.492660
Output_1	9.057606	9.057606	0.000000	9.057606
Output_2	1.038907	1.038907	1.605235	2.644142
Output_3	0.061070	0.061070	0.111393	0.172463
Output_4	0.000143	0.000143	0.000000	0.000143

DMU_11 (eficiência:1.000000)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000432	0.000432	0.000000	0.000432
Input_2	0.082878	0.082878	0.000000	0.082878
Input_3	0.093174	0.093174	0.000000	0.093174
Output_1	18.126785	18.126785	0.000000	18.126785
Output_2	4.915984	4.915984	0.000000	4.915984
Output_3	0.133044	0.133044	0.000000	0.133044

Output_4 0.000220 0.000220 0.000000 0.000220

DMU_12 (eficiência:0.791815)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000116	0.000092	0.000000	0.000092
Input_2	8.916273	7.060037	7.021628	0.038409
Input_3	21.445879	16.981164	16.963272	0.017892
Output_1	3.424028	3.424028	1.953240	5.377268
Output_2	0.928596	0.928596	0.945868	1.874464
Output_3	0.027837	0.027837	0.276429	0.304266
Output_4	0.000173	0.000173	0.000000	0.000173

DMU_13 (eficiência:0.224623)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000593	0.000133	0.000000	0.000133
Input_2	70.432738	15.820797	3.812885	12.007912
Input_3	67.174306	15.088879	0.000000	15.088879
Output_1	9.400000	9.400000	0.000000	9.400000
Output_2	2.549280	2.549280	0.349786	2.899066
Output_3	0.181000	0.181000	0.100657	0.281657
Output_4	0.000145	0.000145	0.000048	0.000193

DMU_14 (eficiência:0.377776)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000260	0.000098	0.000000	0.000098
Input_2	3.950000	1.492214	1.451141	0.041073
Input_3	3.739300	1.412616	1.393483	0.019133
Output_1	1.000000	1.000000	4.750258	5.750258

Output_2 0.230000 0.230000 1.774485 2.004485

Output_3 0.011700 0.011700 0.313671 0.325371

Output_4 0.000185 0.000185 0.000000 0.000185

DMU_15 (eficiência:0.407045)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000150	0.000061	0.000000	0.000061
Input_2	1.765699	0.718718	0.693187	0.025532
Input_3	1.912818	0.778602	0.766709	0.011894
Output_1	0.320000	0.320000	3.254485	3.574485
Output_2	0.086784	0.086784	1.159247	1.246031
Output_3	0.001500	0.001500	0.200758	0.202258
Output_4	0.000115	0.000115	0.000000	0.000115

DMU_16 (eficiência:0.946654)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000106	0.000100	0.000000	0.000100
Input_2	10.042721	9.506985	9.465025	0.041961
Input_3	5.530580	5.235548	5.216001	0.019547
Output_1	3.361900	3.361900	2.512688	5.874588
Output_2	1.268784	1.268784	0.779041	2.047825
Output_3	0.020205	0.020205	0.312201	0.332406
Output_4	0.000189	0.000189	0.000000	0.000189

DMU_17 (eficiência:0.221220)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000480	0.000106	0.000000	0.000106
Input_2	12.337982	2.729408	2.685004	0.044403

Input_3	9.949400	2.201006	2.180321	0.020685
Output_1	2.100000	2.100000	4.116495	6.216495
Output_2	0.569520	0.569520	1.597490	2.167010
Output_3	0.020880	0.020880	0.330873	0.351753
Output_4	0.000200	0.000200	0.000000	0.000200

DMU_18 (eficiência:1.000000)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000164	0.000164	0.000000	0.000164
Input_2	35.072691	35.072691	0.000000	35.072691
Input_3	44.146338	44.146338	0.000000	44.146338
Output_1	14.292618	14.292618	0.000000	14.292618
Output_2	3.876158	3.876158	0.000000	3.876158
Output_3	0.075888	0.075888	0.000000	0.075888
Output_4	0.000140	0.000140	0.000000	0.000140

DMU_19 (eficiência:0.500027)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000189	0.000095	0.000000	0.000095
Input_2	1.801077	0.900588	0.861069	0.039519
Input_3	12.686123	6.343407	6.324998	0.018409
Output_1	2.100000	2.100000	3.432680	5.532680
Output_2	0.569520	0.569520	1.359119	1.928639
Output_3	0.020818	0.020818	0.292242	0.313060
Output_4	0.000178	0.000178	0.000000	0.000178

Benchmarks

DMU	DMU_1	DMU_4	DMU_11	DMU_18
DMU_1	1.00000000		0.00000000	0.00000000
DMU_2	1.02658265		0.00000000	0.00000000
DMU_3	0.77376259		0.06532999	0.00000000
DMU_4	0.00000000		1.00000000	0.00000000
DMU_5	0.60875208		0.00495657	0.00000000
DMU_6	0.63048481		0.00000000	0.18347105
DMU_7	0.94845361		0.00000000	0.00000000
DMU_8	0.82474227		0.00000000	0.00000000
DMU_9	0.80412371		0.00000000	0.00000000
DMU_10	0.40225679		0.00000000	0.46401559
DMU_11	0.00000000		0.00000000	1.00000000
DMU_12	0.89175258		0.00000000	0.00000000
DMU_13	0.74954595		0.00000000	0.34145165
DMU_14	0.95360825		0.00000000	0.00000000
DMU_15	0.59278351		0.00000000	0.00000000
DMU_16	0.97422680		0.00000000	0.00000000
DMU_17	1.03092784		0.00000000	0.00000000
DMU_18	0.00000000		0.00000000	1.00000000
DMU_19	0.91752577		0.00000000	0.00000000

Anexo D

Resultados utilizando o modelo CCR, orientação output

Eficiências

DMU	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
DMU_1	1.000000	0.174639	0.912680	1.095903
DMU_2	0.354688	0.619251	0.367719	0.441539
DMU_3	0.582786	1.000000	0.291393	0.349891
DMU_4	1.000000	1.000000	0.500000	0.600376
DMU_5	0.560826	1.000000	0.280413	0.336707
DMU_6	0.278678	1.000000	0.139339	0.167312
DMU_7	0.921611	1.000000	0.460805	0.553313
DMU_8	0.648461	0.426605	0.610928	0.733574
DMU_9	0.276082	1.000000	0.138041	0.165753
DMU_10	0.734569	0.665169	0.534700	0.642043
DMU_11	1.000000	0.480147	0.759926	0.912484
DMU_12	0.791815	0.312708	0.739554	0.888021
DMU_13	0.213041	1.000000	0.106520	0.127905
DMU_14	0.377776	0.747212	0.315282	0.378576
DMU_15	0.407045	1.000000	0.203522	0.244380
DMU_16	0.946654	0.281033	0.832811	1.000000
DMU_17	0.221220	1.000000	0.110610	0.132815
DMU_18	1.000000	0.491868	0.754066	0.905447
DMU_19	0.500027	0.435099	0.532464	0.639358

*Eficiência normalizada

Pesos das Variáveis

DMU	Peso Input_1	Peso Input_2	Peso Output_1	Peso Output_2	Peso Output_3
-----	--------------	--------------	---------------	---------------	---------------

DMU_1	0.00000000	23.21747800	0.00000000	0.00000000	5,154.63920000
DMU_2	10,033.90700000	0.02299293	0.17155601	0.00000000	0.00000000
DMU_3	9,031.03400000	0.00000000	0.00000000	0.24279363	2,164.14580000
DMU_4	2,105.26320000	0.00000000	0.00778409	0.04721711	364.19432000
DMU_5	15,371.41100000	0.00000000	0.00000000	0.41325066	3,683.51790000
DMU_6	10,523.08300000	0.00000000	0.09491994	0.00000000	2,636.65100000
DMU_7	10,236.38700000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	5,434.78260000
DMU_8	11,771.84500000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	6,250.00000000
DMU_9	12,073.68700000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	6,410.25640000
DMU_10	8,508.39310000	0.00000000	0.07674711	0.00000000	2,131.85280000
DMU_11	1,539.29450000	4.04238490	0.05516698	0.00000000	0.00000000
DMU_12	10,887.25500000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	5,780.34680000
DMU_13	6,222.08980000	0.01425806	0.10638298	0.00000000	0.00000000
DMU_14	10,181.05500000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	5,405.40540000
DMU_15	16,378.21900000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	8,695.65220000
DMU_16	9,965.58280000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	5,291.00530000
DMU_17	9,417.47570000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	5,000.00000000
DMU_18	4,742.60690000	0.00633577	0.03110768	0.14328357	0.00000000
DMU_19	10,581.43300000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	5,617.97750000

Alvos

DMU_1 (eficiência:1.000000)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000103	0.000103	0.000000	0.000103
Input_2	0.043071	0.043071	0.000000	0.043071
Output_1	6.030000	6.030000	0.000000	6.030000
Output_2	2.102000	2.102000	0.000000	2.102000

Output_3	0.000194	0.000194	0.000000	0.000194
----------	----------	----------	----------	----------

DMU_2 (eficiência:0.354688)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000247	0.000247	0.000000	0.000247
Input_2	14.830760	14.830760	0.000000	14.830760
Output_1	5.829000	16.434152	0.000000	16.434152
Output_2	1.200000	3.383253	1.880154	5.263407
Output_3	0.000126	0.000355	0.000039	0.000394

DMU_3 (eficiência:0.582786)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000190	0.000190	0.000000	0.000190
Input_2	64.948539	64.948539	51.621073	13.327466
Output_1	2.485200	4.264346	6.277280	10.541626
Output_2	2.674734	4.589567	0.000000	4.589567
Output_3	0.000162	0.000278	0.000000	0.000278

DMU_4 (eficiência:1.000000)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000475	0.000475	0.000000	0.000475
Input_2	118.379482		118.379482	0.000000 118.379482
Output_1	22.619337	22.619337	0.000000	22.619337
Output_2	16.046000	16.046000	0.000000	16.046000
Output_3	0.000182	0.000182	0.000000	0.000182

DMU_5 (eficiência:0.560826)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000116	0.000116	0.000000	0.000116
Input_2	23.985128	23.985128	22.892141	1.092987
Output_1	0.260906	0.465217	6.279991	6.745208
Output_2	1.359130	2.423443	0.000000	2.423443
Output_3	0.000119	0.000212	0.000000	0.000212

DMU_6 (eficiência:0.278678)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000341	0.000341	0.000000	0.000341
Input_2	39.128227	39.128227	15.940248	23.187979
Output_1	6.424105	23.052073	0.000000	23.052073
Output_2	1.122352	4.027416	3.280094	7.307509
Output_3	0.000148	0.000531	0.000000	0.000531

DMU_7 (eficiência:0.921611)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000106	0.000106	0.000000	0.000106
Input_2	22.356264	22.356264	22.311939	0.044325
Output_1	2.503457	2.716394	3.489238	6.205631
Output_2	0.152433	0.165398	1.997825	2.163223
Output_3	0.000184	0.000200	0.000000	0.000200

DMU_8 (eficiência:0.648461)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000131	0.000131	0.000000	0.000131
Input_2	20.036261	20.036261	19.981481	0.054780

Output_1 4.289340 6.614641 1.054582 7.669223

Output_2 1.637393 2.525043 0.148375 2.673417

Output_3 0.000160 0.000247 0.000000 0.000247

DMU_9 (eficiência:0.276082)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000300	0.000300	0.000000	0.000300
Input_2	3.926715	3.926715	3.801265	0.125450
Output_1	0.870000	3.151232	14.411875	17.563107
Output_2	0.057994	0.210060	5.912270	6.122330
Output_3	0.000156	0.000565	0.000000	0.000565

DMU_10 (eficiência:0.734569)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000160	0.000160	0.000000	0.000160
Input_2	24.868687	24.868687	2.690232	22.178455
Output_1	9.057606	12.330508	0.000000	12.330508
Output_2	1.038907	1.414309	2.185275	3.599583
Output_3	0.000143	0.000195	0.000000	0.000195

DMU_11 (eficiência:1.000000)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000432	0.000432	0.000000	0.000432
Input_2	0.082878	0.082878	0.000000	0.082878
Output_1	18.126785	18.126785	0.000000	18.126785
Output_2	4.915984	4.915984	0.000000	4.915984
Output_3	0.000220	0.000220	0.000000	0.000220

DMU_12 (eficiência:0.791815)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000116	0.000116	0.000000	0.000116
Input_2	8.916273	8.916273	8.867766	0.048507
Output_1	3.424028	4.324279	2.466789	6.791068
Output_2	0.928596	1.172744	1.194557	2.367301
Output_3	0.000173	0.000218	0.000000	0.000218

DMU_13 (eficiência:0.213041)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000593	0.000593	0.000000	0.000593
Input_2	70.432738	70.432738	0.000000	70.432738
Output_1	9.400000	44.122975	0.000000	44.122975
Output_2	2.549280	11.966151	1.196893	13.163044
Output_3	0.000145	0.000681	0.000098	0.000778

DMU_14 (eficiência:0.377776)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000260	0.000260	0.000000	0.000260
Input_2	3.950000	3.950000	3.841277	0.108723
Output_1	1.000000	2.647074	12.574285	15.221359
Output_2	0.230000	0.608827	4.697192	5.306019
Output_3	0.000185	0.000490	0.000000	0.000490

DMU_15 (eficiência:0.407045)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000150	0.000150	0.000000	0.000150
Input_2	1.765699	1.765699	1.702974	0.062725
Output_1	0.320000	0.786154	7.995399	8.781553
Output_2	0.086784	0.213205	2.847960	3.061165
Output_3	0.000115	0.000283	0.000000	0.000283

DMU_16 (eficiência:0.946654)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000106	0.000106	0.000000	0.000106
Input_2	10.042721	10.042721	9.998396	0.044325
Output_1	3.361900	3.551349	2.654282	6.205631
Output_2	1.268784	1.340282	0.822941	2.163223
Output_3	0.000189	0.000200	0.000000	0.000200

DMU_17 (eficiência:0.221220)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000480	0.000480	0.000000	0.000480
Input_2	12.337982	12.337982	12.137263	0.200719
Output_1	2.100000	9.492816	18.608155	28.100971
Output_2	0.569520	2.574452	7.221277	9.795728
Output_3	0.000200	0.000904	0.000000	0.000904

DMU_18 (eficiência:1.000000)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000164	0.000164	0.000000	0.000164
Input_2	35.072691	35.072691	0.000000	35.072691

Output_1 14.292618 14.292618 0.000000 14.292618

Output_2 3.876158 3.876158 0.000000 3.876158

Output_3 0.000140 0.000140 0.000000 0.000140

DMU_19 (eficiência:0.500027)

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input_1	0.000189	0.000189	0.000000	0.000189
Input_2	1.801077	1.801077	1.722044	0.079033
Output_1	2.100000	4.199771	6.864986	11.064757
Output_2	0.569520	1.138978	2.718090	3.857068
Output_3	0.000178	0.000356	0.000000	0.000356

Benchmarks

DMU	DMU_1	DMU_4	DMU_11	DMU_18
DMU_1	1.00000000		0.00000000	0.00000000
DMU_2	1.72814927		0.00000000	0.42073552
DMU_3	1.32769648		0.11209950	0.00000000
DMU_4	0.00000000	1.00000000	0.00000000	0.00000000
DMU_5	1.08545592		0.00883798	0.00000000
DMU_6	2.26241355		0.00000000	0.65836222
DMU_7	1.02912621		0.00000000	0.00000000
DMU_8	1.27184466		0.00000000	0.00000000
DMU_9	2.91262136		0.00000000	0.00000000
DMU_10	0.54760943		0.00000000	0.63168432
DMU_11	0.00000000		0.00000000	1.00000000
DMU_12	1.12621359		0.00000000	0.00000000
DMU_13	2.56478515		0.00000000	2.00504347

DMU_14	2.52427184	0.00000000	0.00000000	0.00000000
DMU_15	1.45631068	0.00000000	0.00000000	0.00000000
DMU_16	1.02912621	0.00000000	0.00000000	0.00000000
DMU_17	4.66019417	0.00000000	0.00000000	0.00000000
DMU_18	0.00000000	0.00000000	0.00000000	1.00000000
DMU_19	1.83495146	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Anexo E

Indicadores Económico-Financeiros

	LG - Liquidez Geral (%)	LR - Liquidez Reduzida (%)	LI - Liquidez Imediata (%)	AF - Autonomia Financeira (%)	End - Endividamento (%)	Sol - Solvabilidade (%)
DMU1	1.98	1.95	0.42	79.59	37.07	214.67
DMU2	0.61	0.60	0.06	60.85	54.09	112.50
DMU3	2.16	2.12	0.70	76.16	21.98	346.47
DMU4	0.69	0.68	0.44	76.75	25.51	300.83
DMU5	1.09	1.02	0.03	71.39	24.38	292.83
DMU6	1.47	1.40	0.11	65.16	32.54	200.27
DMU7	0.69	0.65	0.11	70.32	25.03	280.98
DMU8	2.12	2.01	0.58	39.16	41.96	93.33
DMU9	0.49	0.49	0.01	23.13	85.35	27.10
DMU10	1.64	1.55	0.58	39.16	55.09	71.08
DMU11	0.58	0.57	0.42	53.84	51.35	104.85
DMU12	0.59	0.57	0.14	26.65	72.20	36.91
DMU13	0.58	0.57	0.42	53.84	51.35	104.85
DMU14						
DMU15	0.57	0.56	0.01	129.25	140.19	92.20
DMU16	0.80	0.77	0.16	77.97	42.95	181.52
DMU17	0.55	0.55	0.00	63.18	50.84	124.26
DMU18	0.96	0.96	0.10	50.33	63.36	79.45
DMU19	0.64	0.64	0.09	12.52	88.16	14.20

Anexo F

	RV - Rendibilidade das Vendas (%)	RCP - Rendibilidade de Capitais Próprios (%)	RANC - Rendibilidade do Activo não Corrente (%)	RG - Rendibilidade Global (%)
DMU1	6.61	1.23	1.17	0.97
DMU2	2.86	2.97	2.40	1.75
DMU3	1.26	0.48	0.45	0.36
DMU4	5.56	1.83	1.58	1.38
DMU5	0.87	0.19	0.15	0.14
DMU6	-1.74	-0.80	-0.64	-0.53
DMU7	4.94	0.59	0.48	0.41
DMU8	6.71	4.18	1.99	1.57
DMU9	2.99	1.63	0.52	0.37
DMU10	6.71	4.18	1.99	1.57
DMU11	7.11	4.01	2.28	2.08
DMU12	7.93	11.90	3.78	2.83
DMU13	10.70	4.01	2.28	2.08
DMU14				
DMU15	-48.56	-19.61	-153.93	-31.53
DMU16	6.91	4.30	4.19	3.22
DMU17	0.23	0.11	0.10	0.07
DMU18	10.47	4.48	2.44	2.16
DMU19	3.23	18.34	2.26	1.94